

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra elektroenergetiky

**Sledování vybraných parametrů kvality na různých napěťových
hladinách**

**Monitoring of Chose Quality Parameters on Various Voltage
Levels**

2012

Bc. Rostislav Stallmach

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra elektroenergetiky

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Rostislav Stallmach**

Studijní program: N2649 Elektrotechnika

Studijní obor: 3907T001 Elektroenergetika

Téma: **Sledování vybraných parametrů kvality na různých napěťových hladinách**
Monitoring of Chose Quality Parameters on Various Voltage Levels

Zásady pro vypracování:

1. Rozbor problematiky kvality elektrické energie
2. Možnosti měření parametrů kvality v distribučních sítích
3. Vyhodnocení měření zvolených parametrů kvality na vybrané zásobovací oblasti
4. Srovnání výsledků pro jednotlivé napěťové hladiny

Seznam doporučené odborné literatury:


1. Energetická rušení v distribučních a průmyslových sítích, Skripta ČVUT, Praha, 1999
2. ČSN EN 50160 ed. 3: Charakteristiky napětí elektrické energie dodávané z veřejné distribuční sítě
3. Normy ČSN
4. Další literatura podle pokynů vedoucího diplomové práce

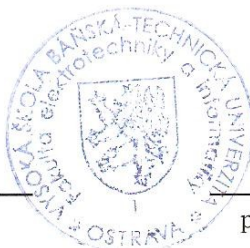
Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Petr Krejčí, Ph.D.**

Datum zadání: 30.11.2011

Datum odevzdání: 04.05.2012


prof. Ing. Stanislav Rusek, CSc.
vedoucí katedry





prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení

„Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.“

V Ostravě dne 3. 5. 2012


.....

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval
doc. Ing. Petru Krejčímu, Ph.D. a doc. Ing. Petru Vašenkovi, CSc.,
za jejich ochotu a drahocenný čas, který mi při sestavování práce věnovali a taktéž za jejich
cenné rady a doporučení.

Abstrakt

Tato diplomová práce je zaměřena na problematiku kvality elektrické energie. Práce zdůrazňuje důležité parametry, které ovlivňují napětí na různých napěťových hladinách distribuční soustavy.

V úvodu této práce je zpracován náhled na problematiku a specifikaci dodávek kvality elektrické energie. Zde najdeme parametry napětí dle normy ČSN EN 50 160 ed.3, které jsou definovány podle této normy a doplněny tabulkami a obrázky pro lepší pochopení. Dodržování této normy je jedna z nejdůležitějších bodů této práce. V závěru teoretické části je popsána problematika měření parametrů kvality elektrické energie, která je opět čerpána z ČSN, dále pokračuje srovnáním některých síťových parametrů zejména od firmy Elcom a.s, jelikož tato firma má pro tuto oblast největší zastoupení a přes její SW je zpracována praktická část.

Nejdůležitější částí této práce je vyhodnocení parametrů z více druhů zdrojů, jako je např. FVE, KGJ, VTE, MVE, bioplynové stanice. Srovnání parametrů a porovnání kvality elektřiny je provedeno především dle platných norem, zejména již výše zmíněná ČSN EN 50 160 ed.3. Ke srovnání byly použité parametry kvality elektrické energie v závislosti zejména na výkonu (např. napětí – výkon, výkon – krátkodobý flikr, výkon - nesymetrie).

Klíčová slova

elektrická energie, flikr, kvalita napětí, norma, nesymetrie napětí, analyzátor kvality napětí, distribuční soustava, elektrický výkon, monitoring, elektromagnetická kompatibilita

Abstract

This thesis is focused on problems of electrical power quality. The work emphasizes the important parameters that affect the voltage at different voltage levels of the distribution system.

At the beginning of the work, a preview on the issue of quality and specification of electrical power is processed. Here we find the parameters of voltage according to ČSN EN 50 160 ed.3 that are defined by this standard, and tables and graphics are added for better understanding. Compliance with this standard is one of the most important points of this work. At the end of the theoretical part, problems of measurement of the parameters of electrical power quality are described, which is again taken from the ČSN; then it continues with comparing certain network parameters, in particular from Elcom a.s., since this company has the largest representation in this area and the practical part is processed through it's SW.

The most important part of this work is the evaluation of the parameters using several types of sources, such as photovoltaic power plant, cogeneration unit, wind power, small hydro power plant, biogas. Comparison of the parameters and comparison of the quality of electricity is done primarily by rules, especially the above mentioned ČSN EN 50 160 ed.3. Parameters, depending mainly on the performance (for example voltage – performance, performance – short-term flicker, performance – asymmetry) were used to compare electrical power quality.

Keys words

electrical power, flicker, voltage quality, standart, voltage asymmetry, voltage quality analyzer, distribution grid, electrical performance, monitoring, electromagnetic compatibility

Seznam zkratk a symbolů

ČSN	česká technická norma
DS	distribuční soustava
EN	evropská norma
ERU	energetický regulační úřad
FVE	fotovoltaická elektrárna
HDO	hromadné dálkové ovládání
KGJ	kogenerační jednotka
MVE	malá vodní elektrárna
NN	nízké napětí
PC	počítačová sestava
Plt	dlouhodobý flickr
PPDS	pravidla provozování distribučních soustav
PS	přenosová soustava
Pst	krátkodobý flickr
SW	software
THD	činitel zkreslení
TV	televizní vysílání
U_c	napájecí napětí
U_n	jmenovité napětí
VN	vysoké napětí
VTE	větrná elektrárna
VVN	velmi vysoké napětí
αU	nesymetrie
ΔU	změna napětí

Obsah

1. Úvod.....	1
2. Kvalita elektrické energie.....	2
2.1. Cena a kvalita na trhu s elektrickou energií	2
2.2. Základní definice parametrů napětí.....	3
2.3. Standarty kvality dodávek elektrické energie	5
2.4. Charakteristiky napětí elektrické energie dodávané z distribuční soustavy	6
2.5. Charakteristiky elektrické energie dodávané z přenosové soustavy	7
2.5.1. Kmitočet sítě	7
2.5.2. Velikost a odchylky napájecího napětí.....	8
2.5.3. Rychlé změny napětí	8
2.5.3.1. Velikost rychlých změn napětí	8
2.5.3.2. Míra vjemu flikru	8
2.5.4. Krátkodobé poklesy napájecího napětí.....	9
2.5.5. Krátkodobá přerušení napájecího napětí	9
2.5.6. Dlouhodobé poklesy napájecího napětí.....	9
2.5.7. Dočasná přepětí o síťovém kmitočtu mezi živými vodiči a zemí	10
2.5.8. Přechodná přepětí mezi živými vodiči a zemí.....	10
2.5.9. Nesymetrie napětí.....	10
2.5.10. Harmonická napětí	10
2.5.11. Meziharmonická napětí	11
2.5.12. Úrovně napětí signálů v napájecím napětí	11
2.6. Rušivé vlivy působící na parametry kvality napětí	11
2.6.1. Nízkofrekvenční rušení	12
2.6.1.1. Rušivé vlivy harmonických.....	13
2.6.1.2. Možnosti potlačení harmonických	14
2.6.2. Kolísání napětí (flikru).....	14
2.6.2.1. Příčiny kolísání napětí (flikru)	14
2.6.2.2. Snižování flikru	15
2.7. Nesymetrie	15
2.7.1. Příčiny nesymetrie.....	15
2.7.2. Snížení nesymetrie napětí.....	15
2.8. Teorie statistiky	16

3.	Možnosti měření parametru kvality v distribučních sítích	18
3.1.	Hodnocení parametrů kvality	18
3.1.1.	Výjimečné stavy v distribuční soustavě	18
3.2.	Požadavky kladené na měřicí přístroje kvality elektrické energie	19
3.3.	Měřicí intervaly	20
3.4.	Časová agregace měření	20
3.5.	Zkoušky přesnosti měřicích přístrojů	21
3.6.	Měřicí přístroje kvality elektrické energie	21
3.6.1.	Systém monitoringu kvality elektřiny BK Elcom	22
3.6.2.	Síťové analyzátory	23
3.6.2.1.	Síťové analyzátory BK Elcom	24
4.	Vyhodnocení měřených parametrů kvality na různých napěťových hladinách	27
4.1.	Bioplynová stanice	28
4.1.1.	Horní Tošanovice	28
4.1.2.	Třeština	30
4.2.	Fotovoltaická elektrárna	33
4.2.1.	Radkovy	33
4.2.2.	Stojnická Lhota	36
4.3.	Kogenerační jednotka	40
4.3.1.	Jablunkov	40
4.3.2.	Šenov u NJ	43
4.4.	Malá vodní elektrárna	45
4.4.1.	Chotěbuz	45
4.4.2.	Slezská Harta	48
4.5.	Větrné elektrárny	50
4.5.1.	Horní Loděnice	50
4.5.2.	Lipná	52
4.6.	Srovnání výsledků pro jednotlivé napěťové hladiny	55
5.	Závěr	56
	Seznam použité literatury	57

Seznam obrázků

Obr. 1 Rozhodovací činitel při dodávce elektrické energie	2
Obr. 2 Parametry napětí podle normy ČSN EN 50 160 ed.3	7
Obr. 3 Schéma systému BK-Elcom	22
Obr. 4 ENA175	24
Obr. 5 ENA400	24
Obr. 6 ENA510	25
Obr. 7 ENA450.EB	26
Obr. 8 Mavowatt 20	26
Obr. 9 Vliv napětí na výkon v čase – Horní Tošanovice	29
Obr. 10 Vliv výkonu na flickr v čase – Horní Tošanovice	29
Obr. 11 Vliv výkonu na nesymetrii v čase – Horní Tošanovice	30
Obr. 12 Závislost napětí a výkonu v čase - Třeština	31
Obr. 13 Vliv výkonu na flickr v čase - Třeština.....	31
Obr. 14 Vliv výkonu na nesymetrii v čase - Třeština.....	32
Obr. 15 Závislost napětí a výkonu v čase – Radkovy	33
Obr. 16 Vliv výkonu na flickr v čase – Radkovy.....	34
Obr. 17 Vliv výkonu na nesymetrii v čase – Radkovy	34
Obr. 18 Detail jednoho dne výkonu na flickr – Radkovy	35
Obr. 19 Závislost jalového výkonu na účinník- Radkovy.....	35
Obr. 20 Závislost napětí a výkonu v čase – Strojnická Lhota.....	37
Obr. 21 Vliv výkonu na flickr v čase – Strojnická Lhota	37
Obr. 22 Vliv výkonu na nesymetrii v čase – Strojnická Lhota	38
Obr. 23 Detail dvou dnů výkonu na flickr – Strojnická Lhota.....	39
Obr. 24 Závislost jalového výkonu na účinník- Strojnická Lhota.....	40
Obr. 25 Vliv výkonu na napětí v čase – Jablunkov.....	41
Obr. 26 Vliv výkonu na flickr v čase - Jablunkov	41
Obr. 27 Vliv výkonu na nesymetrii – Jablunkov.....	42
Obr. 28 Vliv výkonu na napětí v čase – Šenov u NJ.....	43
Obr. 29 Vliv napětí na flickr v čase – Šenov u NJ.....	44
Obr. 30 Vliv výkonu na nesymetrii – Šenov u NJ.....	44
Obr. 31 Vliv napětí na výkon v čase – Chotěbuz.....	46
Obr. 32 Vliv výkonu na flickr v čase – Chotěbuz.....	46
Obr. 33 Vliv výkonu na nesymetrii v čase – Chotěbuz.....	47
Obr. 34 Vliv napětí na výkon v čase – Slezská Harta	48
Obr. 35 Vliv výkonu na flickr – Slezská Harta.....	48
Obr. 36 Vliv výkonu na nesymetrii – Slezská Harta.....	49
Obr. 37 Vliv napětí na výkon v čase – Horní Loděnice.....	50
Obr. 38 Vliv výkonu na flickr v čase – Horní Loděnice.....	51
Obr. 39 Vliv výkonu na nesymetrii v čase – Horní Loděnice.....	51
Obr. 40 Vliv napětí na výkon v čase – Lipná.....	52
Obr. 41 Vliv výkonu na flickr – Lipná.....	53
Obr. 42 Vliv výkonu na nesymetrii – Lipná.....	53
Obr. 43 Týdenní detail výkonu na flickr – Lipná.....	54
Obr. 44 Víkendový detail výkonu na flickr – Lipná.....	55

Seznam tabulek

Tab. 1 Povolený rozsah napětí pro jednotlivé napěťové hladiny	8
Tab. 2 Povolený výskyt rychlých změn napětí.....	8
Tab. 3 Povolené hodnoty flikru dle PPDS	9
Tab. 4 Meze harmonického napětí	10
Tab. 5 Úrovně har. napětí v předávacím místě v procentech u_1 pro řady har. až do 25 u NN a VN.....	12
Tab. 6 Úrovně har. napětí v předávacím místě v procentech u_1 pro řady har. až do 25 u VVN	13
Tab. 7 Příklady výjimečného stavu	19
Tab. 8 Stavby při zkouškách přesnosti	21
Tab. 9 Seznam všech dostupných měření	27
Tab. 10 Vybrané objekty pro analýzu dat	28
Tab. 11 Statistické údaje - Třeština	32
Tab. 12 Hodnota flikru při $P \leq 0$ a $P > 0$ – Radkovy.....	36
Tab. 13 Teorie statistiky flikru jednoho dne – Radkovy	36
Tab. 14 Teorie statistiky flikru dvou dnů – Strojnická Lhota	39
Tab. 15 Statistické údaje kladného a záporného výkonu na flikr a nesymetrii - Jablunkov	42
Tab. 16 Statistické údaje vzrůstajícího a klesajícího výkonu na flikr a nesymetrii – Šenov u NJ	45
Tab. 17 Statistické údaje dvou vybraných úseků - Chotěbuz.....	47
Tab. 18 Statistické údaje jednoho dne – Slezská Harta.....	49
Tab. 19 Statistický údaj závislosti výkonu na nesymetrii – Horní Loděnice	52
Tab. 20 Statistické údaje při maximálním a minimálním výkonu - Lipná	54
Tab. 21 Srovnání pro jednotlivé hladiny	55

1. Úvod

Diplomovou práci s názvem „*Sledování vybraných parametrů kvality na různých napěťových hladinách*“ jsem si zvolil, protože mě zajímá monitoring a analýza kvality elektrické energie. Elektrická energie je jedna z velmi důležitých komodit, která se využívá jak v průmyslu, tak i v obchodě. Tento druh energie má zvláštní povahy, které nelze v masovém měřítku skladovat a nelze tudíž ani před použitím prověřit její kvalitu. Tudíž garantovat kvalitu elektrické energie v místě dodávky není snadný úkol a nelze zajistit, aby elektřina, která nemá požadované parametry, byla stažena. V dnešní době jsou zákazníci čím dál více náročnější na kvalitativní stránku elektrické energie. Významný podíl na tom má zcela jistě liberalizace trhu neboli otevírání trhu. Původně chráněný zákazník, jemuž cena dodávky energie byla plně stanovena Energetickým regulačním úřadem, se konečný zákazník stává tzv. oprávněným zákazníkem s právem volby svého dodavatele. Elektrická energie se stala zbožím volného trhu, u kterého je nutné, aby byla s velkou přesností stanovena dodávka a kvalita elektrické energie. Kdy zákazník si parametry může zvolit u svého dodavatele dle svých potřeb.

Čím dál více faktorů v elektrizační soustavě však působí proti tomuto ideálu. Velmi často se na cestě ke konečnému zákazníkovi objevují různé rušivé vlivy, jejich průběh má za následek problémy v procesu přenosu elektrické energie. Jelikož v soustavě je zastoupeno velké množství spotřebičů s nesinusovým průběhem odebíraného proudu, mohou zde hrát roli také různé poruchové jevy.

Vždy máme na jedné straně uživatele elektrické energie a na druhé straně distributory elektrické energie, kteří mají smluvní vztahy a často potřebují určité přístroje na monitoring a analýzu rušivých projevů. V zásadě se jedná o soustavu standartu, kdy naměřené hodnoty jsou nebo nejsou v dovolených mezích a také potřeba tento skutečný stav zdokumentovat protokolem z měření. Od těchto dokumentů se může odvíjet také konečná cena pro zákazníka.

Největším problémem je elektrická energie z obnovitelných zdrojů. I když pro neoddělnou veřejnost se může zdát jako ideální, opak je bohužel pravdou. Tyto zdroje přinášejí řadu problémů jako je například flickr, nesymetrie, vyšší harmonické, závislost napětí na výkonu např. na slunci, větru a dalších. Z tohoto nám vychází, že udržet rovnováhu mezi výrobou a spotřebou je čím dál složitější kvůli většímu počtu těchto zdrojů.

V této diplomové práci bych chtěl nastínit základní rozdělení problematiky kvality elektrické energie. Rozdělení je zejména dle normy ČSN EN 50 160 ed.3, pokud tomu tak není, je vždy popsáno, z jakých pramenů je čerpáno. Doplnění dostupné literatury je zpracováno tak, aby to pochopili i lidé, kteří by se chtěli o této problematice dozvědět víc.

V praktické části této práce chci rovněž poukázat na největší vlivy, které negativně ovlivňují výrobu elektrické energie. S největším zaměřením na nejčastější obnovitelné zdroje. Názorně poukázat dle grafů na největší problémy ze skutečných měření, které byly provedeny ze zdrojů elektrické energie především ze severu Moravy.

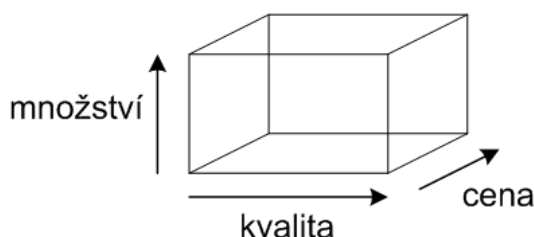
2. Kvalita elektrické energie

Elektrické zařízení provozováno v elektrické soustavě musí být navrženo, zhotoveno, zapojeno a provozováno tak, aby v elektrizační soustavě nebyly překročeny mezní hodnoty kvality elektrické energie dle ČSN EN 61000-2-4 ed.3.

Kvalita elektrické energie je zakotvena v právním řádu, v českých a evropských normách. Tato kapitola vychází zejména z „Energetického zákona“ [18] a z vyhlášky Energetického regulačního úřadu (dále jen ERU) o kvalitě dodávek elektrické energie a dalších služeb v elektroenergetice v platném znění, které ukládají provozovatelům DS definovat způsoby možného použití parametrů kvality ve smlouvách o dodávce elektrické energie, dále norma ČSN EN 50 160 ed.3 [2].

2.1. Cena a kvalita na trhu s elektrickou energií

Při odběru elektrické energie zákazník vyžaduje, aby dostával elektrickou energii nejen v požadovaném množství a kvalitě. Hlavním rozhodovacím činitelem zejména pro maloodběratele stále zůstává cena elektrické energie. Tato závislost se dá dobře znázornit na třírozměrném obrázku. Obr. 1. [12]



Obr. 1 Rozhodovací činitel při dodávce elektrické energie

Při pohledu zpět do vertikálně - integrovaného systému, výrobce a také dodavatel nenabízel službu „spolehlivost“ jako komoditu, která mohla ovlivňovat výslednou cenu elektřiny. Na našem území byl vytvořen dispečerský řád, který zajišťoval podle zavedených standardů určitý stupeň garance spolehlivosti, což znamenalo, že všichni zákazníci, bez rozdílu, měli mít stejnou měrou spolehlivost zaručenou. V době vertikálně - integrovaného monopolu byl tento graf pouze dvourozměrný. Cena za odebranou elektrickou energii určoval z větší části pouze na odebraném množství.

Liberalizovaný trh měl dát možnost odběratelům rozhodovat o ceně, kterou jsou ochotni zaplatit i v závislosti na spolehlivosti dodávky. To může mít za následek rozdělení odběratelů do několika skupin podle toho, zda jsou ochotni si připlatit za zajištění vyšší spolehlivosti dodávky (např. úpravou i na straně odběratele) nebo musí respektovat standardní spolehlivost, případně jsou ochotni obětovat na úkor spolehlivosti nižší zabezpečení dodávky elektrické energie. V tomto případě však požadují nižší cenu. Kvalita a spolehlivost dodávky elektřiny může mít také vliv na rozhodování případným investorem pro výběr místa výstavby svého odběru, v závislosti na stupni spolehlivosti dodávky garantované v určité oblasti. To může mít i za následek, že si investor zvolí jiné místo, pokud jsou v dané oblasti obvyklá častá přerušování dodávek a není zajištěna standardní kvalita elektřiny.

V mnohých případech ani dodatečné investice nemusí vždy znamenat zlepšení spolehlivosti, uvědomíme-li si, že zvýšení prvků sítě může vést k poklesu celkové spolehlivosti v důsledku vlastní

pravděpodobnosti poruchy nebo např. vlivu instalovaného záložního zdroje na jiné určité parametry elektrické energie (flickr, vyšší harmonické). Můžeme ale konstatovat, že spolehlivost není jednorozměrný parametr, a tak nejenom četnost výpadků, ale také doba trvání velmi ovlivňuje výsledné náklady vzniklé při přerušení dodávky. V souvislosti s předcházejícím omezením je potřeba zavést očekávané náklady, které vzniknou při přerušení dodávky. [12]

Tyto náklady se u odběratele, při přerušení dodávky elektrické energie, mohou skládat z více složek:

- přímé náklady - náklady, které jsou snadno zjistitelné po ukončení výpadku. Pro znázornění se může jednat o zkažené potraviny, o cenu zničeného materiálu, přerušení produkce nebo se rovnají nákladům na mzdu zaměstnanců, kteří nepracovali po dobu výpadku,
- nepřímé náklady - tato položka se hůře vyjadřuje v penězích. Např. se jedná o ztrátu zákazníka v důsledku opoždění dodávky či o náklady spojené s přesunem výroby do jiné oblasti, kde je zaručena větší spolehlivost,
- nepeněžní náklady - vzniklé potíže, které nejde vyjádřit v penězích, např. narušený odpočinek, přerušení osvětlení, sledování TV, poslech hudby.

Pro určité skupiny odběratelů jsou důležitější přímé a nepřímé náklady (průmysl), pro jiné je větší hodnotou nepeněžní náklady (domácnosti). Pro způsobilé řešení tohoto problému je nutné sledovat vliv výpadku napříč celým spektrem zákazníků formou průzkumů. Tento typ šetření musí v sobě zahrnovat mnoho důležitých faktorů, jako jsou např. délka trvání, četnost, jestli výpadek nastal v pracovní den nebo v den pracovního klidu, zda měl odběratel záložní zdroj.

Na základě primárních průzkumů se stanoví průměrné náklady vzniklé přerušením dodávky. Pro chystané účely je dále užitečné rozdělit jednotlivé skupiny zákazníků na domácnosti, komerční odběratelé a průmyslové odběratelé. Dosavadní zákazníci, kteří požadují vyšší míru spolehlivosti se mohou rozhodnout, že za zvýšenou cenu budou požadovat záruku nepřerušené dodávky elektrické energie, zatímco menší odběratelé upřednostňují nižší cenu elektrické energie a spokojí se s menší spolehlivostí dodávky. I zde se však mohou vyskytovat výjimky.

Zákazník si může vybrat svého dodavatele. Je značně omezen spolehlivostí sítě, k níž je připojen. Vždy je problematické rozlišit zákazníky s většími požadavky na spolehlivost při napájení dané oblasti. Jedním z řešení může být i nabídnutí záruky garantující určitý standard spolehlivosti či kvality nad rámec vyhlášky nebo zákona (může jít např. i o záruku odstranění poruchy do určité doby),

2.2. Základní definice parametrů napětí

V normě ČSN EN 50 160 ed.3. [2] je definováno několik parametrů napětí

Nejdůležitější jsou:

- a) *napájecí napětí* – efektivní hodnota napětí v dané době v předávacím místě, měřená po dobu daného intervalu,
- b) *jmenovité napětí sítě* (U_n) – napětí, podle kterého je síť navržena nebo označena a k němuž se vztahují některé provozní charakteristiky,
- c) *dohodnuté napájecí napětí* (U_c) - je normální jmenovité napětí soustavy U_n . Je-li na základě dohody mezi dodavatelem a odběratelem přivedeno do předávacího místa napětí odlišné od jmenovitého napětí, pak toto napětí je nazýváno dohodnuté napájecí napětí U_c ,

- d) *normální provozní podmínky* – stav splňující požadavky zatížení, spínání v soustavě a odstraňování poruch automatickými ochrannými systémy, bez výskytu mimořádných stavů způsobených vnějšími vlivy nebo závažnými událostmi,
- e) *změna napětí* – je nárůst nebo pokles napětí obvykle způsobený proměnlivostí celkového zatížení distribuční sítě nebo její části,
- f) *flikr* – vjem nestálosti zrakového vnímání vyvolaný světelným podnětem, jehož jas nebo spektrální rozložení kolísá v čase,
- g) *míra vjemu flikru* – intenzita nepříjemnosti flikru definovaná měřicí metodou flikru UIE-IEC a vyhodnocená následujícími veličinami:
 - Krátkodobá míra vjemu (P_{st}) je měřena po dobu deseti minut
 - Dlouhodobá míra vjemu (P_{lt}) je vypočítána z posloupnosti dvanácti hodnot P_{st} po dobu dvouhodinového intervalu použitím následujícího vztahu:

$$P_{lt} = \sqrt[3]{\sum_{l=1}^{12} \frac{(P_{st})^3}{12}} \quad (1)$$

- h) *krátkodobý pokles napájecího napětí* – náhlý pokles napájecího napětí na hodnotu mezi 90% a 1% dohodnutého napětí U_c , po kterém následuje obnovení napětí během krátkého časového intervalu. Dohodnutá doba trvání krátkodobého poklesu napětí je mezi 10 ms a 1 minutou. Hloubka krátkodobého poklesu napětí je definována jako podíl mezi minimální efektivní hodnotou napětí v průběhu krátkodobého poklesu a dohodnutým napětím. Změny napětí, které nesnižují napájecí napětí na méně než 90% dohodnutého napětí U_c se nepovažují za krátkodobé poklesy napětí,
- i) *přerušeni napájecího napětí* – je stav, při kterém je napětí v předávacím místě menší než 1% dohodnutého napětí U_c . Přerušeni napájecího napětí mohou být tříděna na :
 - *předem dohodnutá* umožňující provádění plánovaných prací na distribuční síti, při kterých jsou odběratelé elektrické energie předem informováni
 - *poruchová*, způsobená trvalými (dlouhodobá přerušeni) nebo přechodnými (krátkodobá přerušeni) poruchami většinou spojenými s vnějšími vlivy, poruchami zařízení nebo rušením.
- j) *dočasná přepětí o síťovém kmitočtu* – mají relativně dlouhou dobu trvání, obvykle několik period. Převážně mají původ ve spínacích operacích nebo poruchách, např. náhlé snížení zatížení nebo vypnutí zkratu.
- k) *přechodná přepětí* – jsou oscilační nebo neoscilační, silně tlumená, krátkodobá přepětí s dobou trvání několik milisekund nebo méně, způsobená bleskem nebo některými spínacími operacemi, například při vypínání induktivních proudů.
- l) *harmonické napětí* – sinusové napětí s kmitočtem rovným celistvému násobku základního kmitočtu napájecího napětí. Harmonická napětí lze hodnotit:
 - jednotlivě jejich relativní amplitudou U_h vztaženou k napětí základní harmonické U_1 , kde h je řád harmonické
 - souhrnně, obvykle pomocí celkového harmonického zkreslení THD , který se počítá pomocí následujícího vztahu:

$$THD = \sqrt{\sum_{h=2}^{40} (u_h)^2} \quad (2)$$

- m) *meziharmonické napětí* – je sinusové napětí s kmitočtem ležícím mezi harmonickými, tzn. kmitočet není celistvým násobkem základního kmitočtu.
- n) *nesymetrie napětí* – je stav trojfázové sítě, při kterém efektivní hodnoty fázových napětí nebo rozdíly fázových úhlů mezi po sobě jdoucími fázemi nejsou stejné. [2]

2.3. Standardy kvality dodávek elektrické energie

Zákonné standardy kvality dodávek elektřiny a spojení služeb jsou dány Vyhláškou č.540/2005 Sb., [16] a člení se:

- a) **Garantované standardy** přenosu nebo distribuce elektrické energie a souvisejících služeb stanovují úroveň dodávek a služeb, u kterých musí být dosažena v každém individuálním případě.
- b) **Obecné standardy** přenosu nebo distribuce sloužící k porovnání výkonnosti a jejího časového vývoje provozovatelů distribučních soustav a posouzení výkonnosti a jejího časového vývoje provozovatele přenosové soustavy.

Mezi nejdůležitější **garantované standardy dodávek elektřiny** patří:

- a) zachování frekvence a napětí podle normy ČSN EN 50160 ed.3. Charakteristiky napětí elektrické energie dodávané z veřejné distribuční sítě
- b) odstranění poruchy pojistky v hlavní domovní pojistkové nebo kabelové skříní NN po ohlášení
- c) obnovení přenosu nebo distribuce elektrické energie po poruše
- d) dodržení plánovaného omezení nebo přerušení distribuce elektřiny
- e) umožnění přenosu nebo distribuce elektřiny
- f) sdělení podmínek pro připojení nového zákazníka
- g) montáž měřicího zařízení a zahájení dodávky elektřiny od okamžiku splnění podmínek připojení zákazníkem
- h) vyřízení reklamace na kvalitu dodávek elektřiny
- i) lhůty pro odstranění příčin snížené kvality dodávek
- j) obnovení distribuce elektřiny po přerušení distribuce elektřiny z důvodu prodlení konečného zákazníka nebo dodavatele sdružené služby s úhradou plateb za poskytnutou distribuci elektřiny

Obecné standardy kvality dodávek elektrické energie a souvisejících služeb jsou:

- a) standard souhrnné doby přerušení dodávky elektrické energie (pro provozovatele lokálních distribučních soustav)
- b) standard četnosti přerušení dodávky elektrické energie (pro provozovatele lokálních distribučních soustav)

U těchto standardů zahrnujeme každé přerušení dodávky zákazníkovi s dobou trvání delší než 3 minuty, bez ohledu na to, zda příčina vzniku byla v zařízení provozovatele distribuční soustavy nebo přenosové soustavy v zařízení jiného provozovatele. Přerušení se přitom nepovažuje přerušení dodávky u zákazníka, jeho příčinou je vlastní odběrné zařízení nebo elektrická přípojka ve vlastnictví a není přitom omezen žádný další zákazník. Obecné standardy vyjadřují průměrné hodnoty za celou lokální distribuční soustavu. Míra odškodnění za neplnění standardů kvality dodávek elektřiny a kvality souvisejících služeb je řešena vyhláškou ERU 540/2005 Sb.;

2.4. Charakteristiky napětí elektrické energie dodávané z distribuční soustavy

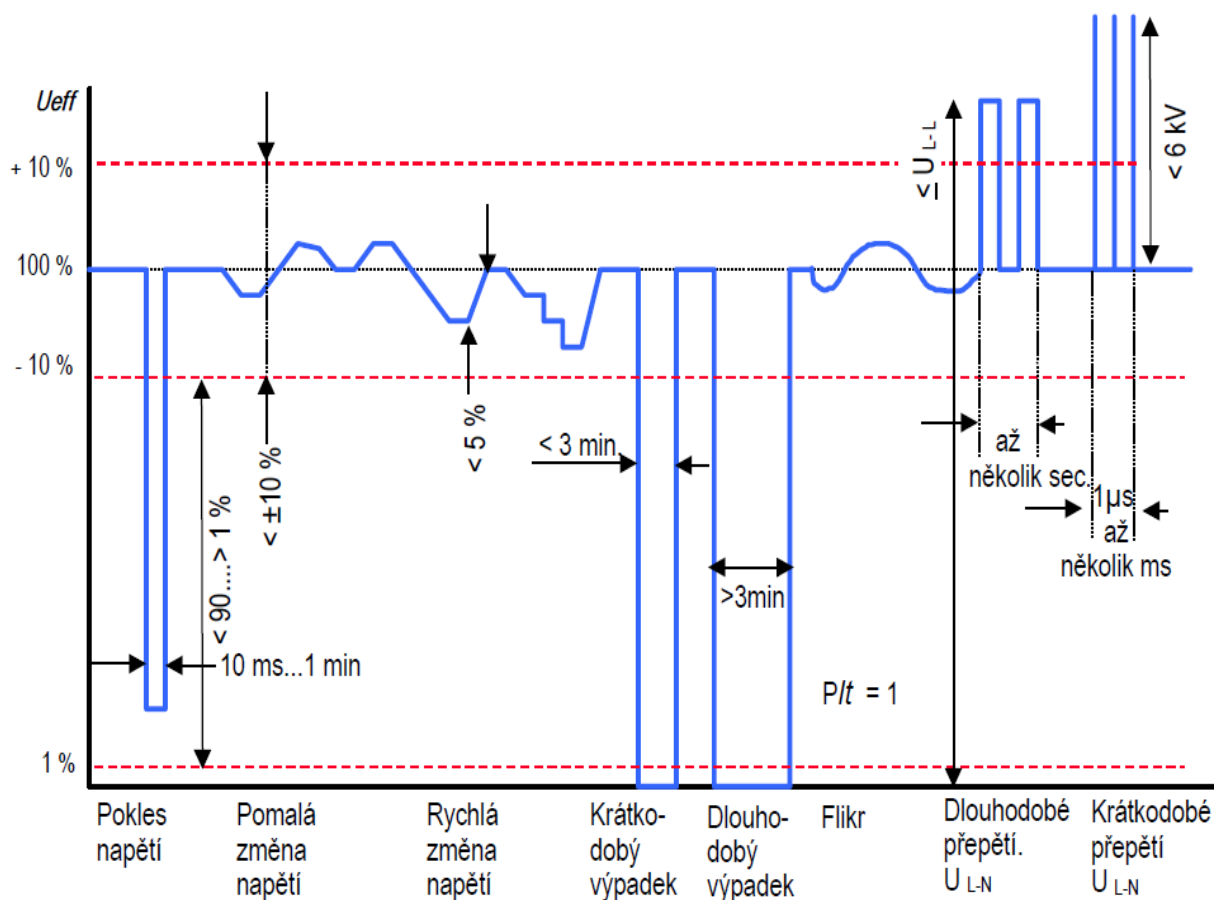
Jednotlivé charakteristiky napětí elektrické energie, která je dodávána z veřejné distribuční sítě, vycházejí z normy ČSN EN 50 160 ed.3 [2] pro síť nízkého a vysokého napětí v platném podání. Jednotlivé hodnoty pro síť nízkého napětí jsou:

- a) kmitočet sítě
- b) velikost napájecího napětí
- c) odchylky napájecího napětí
- d) rychlé změny napětí
 - velikost rychlých změn napětí
 - míra vjemu flikru
- e) krátkodobé poklesy napájecího napětí
- f) krátkodobá přerušení napájecího napětí
- g) dlouhodobá přerušení napájecího napětí
- h) dočasná přepětí o síťovém kmitočtu mezi živými vodiči a zemí
- i) přechodná přepětí mezi živými vodiči a zemí
- j) nesymetrie napájecího napětí
- k) harmonická napětí
- l) mezipharmonická napětí
- m) úrovně napětí signálů v napájecím napětí.

Pro charakteristiky a) až d) a j) až m) platí pro odběrná místa z distribuční soustavy s napětíovou úrovní nn a vn:

- zaručované hodnoty
- měřicí intervaly
- mezní pravděpodobnost splnění určených limitů

Pro charakteristiky e) až i) uvádí norma ČSN EN 50 160 ed.3 pouze informativní hodnoty. V následujícím obrázku můžeme graficky vidět veškeré nežádoucí vlivy dle výše uvedené normy.
[10]



Obr. 2 Parametry napětí podle normy ČSN EN 50 160 ed.3

2.5. Charakteristiky elektrické energie dodávané z přenosové soustavy

Pro hladinu napětí 110 kV a předávací místa PS / DS platí charakteristiky energie dodávané do PS. [2,13]

2.5.1. Kmitočet sítě

Jmenovitý kmitočet napájecího napětí je 50 Hz. Za normálních provozních podmínek musí být střední hodnota kmitočtu základní harmonická, měřená v intervalu 10 s, v následujících mezích

- u systémů se synchronním připojením k propojenému systému

50 Hz ± 1 %	(tj. 49,5 ... 50,5 Hz)	během 99,5 % roku
50 Hz + 4 %/-6%	(tj. 47...52 Hz)	po 100 % času
- u systémů bez synchronního připojení k propojenému systému (tj. ostrovní napájecí systémy)

50 Hz ± 2 %	(tj. 49...51Hz)	během 95 % týdne
50 Hz ± 15 %	(tj. 42,5...57,5 Hz)	po 100 % času.

2.5.2. Velikost a odchylky napájecího napětí

V sítích NN jsou uznávány skutečnosti, že provozovatel má snížené možnosti ovlivňovat připojování nových zatížení odběratelů a skoro vůbec neřídí využívání těchto zatížení. Odchylky napájecího napětí elektrické sítě jsou dány zapínáním a vypínáním různých spotřebičů. Za normální činnosti musí být během každého týdne 95 % průměrných efektivních hodnot napájecího napětí v měřicích intervalech 10 minut. V odlehlejších oblastech s dlouhým vedením může být napětí mimo rozsah $U_n + 10\%/-15\%$, proto by měl distributor o následných změnách informovat své zákazníky.

Tab. 1 Povoleno rozsah napětí pro jednotlivé napěťové hladiny

Síť	Dovolený rozsah
110kV	$110\text{kV} \pm 10\%$
220kV	$220\text{kV} \pm 10\%$
400kV	$400\text{kV} \pm 5\%$

2.5.3. Rychlé změny napětí

Rychlé změny napětí jsou často důsledkem spínání zatížení a nepřesahují velikost $+5\%$, nebo -5% jmenovitého nebo sjednaného napětí. K omezení může docházet proto, že připojování zatížení, která mohou přivodit rychlé změny napětí, obvykle jsou popsány ve směrnících. Za některých podmínek se mohou občas vyskytovat vyšší hodnoty až do 10% . Vyšší hodnoty mohou nastat například ve venkovských pásmech, na koncích dlouhých vedení pro napájení zemědělských hospodářství, kde se mohou používat velké motory (ventilátory, čerpadla, kompresory apod.). Rychlá změna napětí v sítích nízkého napětí obvykle nepřesáhne 5% U_n , za určitých okolností se mohou několikrát za den vyskytnout krátkodobé změny do 10% U_n . Snížení napětí pod 90% U_n se považuje za pokles napětí.

2.5.3.1. Velikost rychlých změn napětí

Za normálních provozních podmínek efektivní hodnota rychlé změny napětí nepřekročí v závislosti na četnosti výskytu r hodnoty uvedené v Tab. 2.

Tab. 2 Povoleno výskyt rychlých změn napětí

Četnost [n]	$\Delta U/U_N [\%]$
$n \leq 4$ za den	3
$n < 2$ za hodinu a > 4 za den	3
$2 < n \leq 10$ za hodinu	2,5

2.5.3.2. Míra vjemu flikru

Flikr je jev, který působí na vizuální vnímání člověka kolísání světelného toku světelných zdrojů, vyvolanými rychlým kolísáním napájecího napětí. Změnou napájecího napětí spočívá ze sledu rychlých změn napětí, následovaných dostatečně těsně po sobě tak, že stimulují odezvu oka v mozku.

Za normálních provozních podmínek musí být po 95 % času, v libovolném týdenním období, dlouhodobá míra vjemu flikru $Plt \leq 1$ dle ČSN EN 50 160 ed.3.

Při pohledu do PPDS se pro distributory elektrické energie tento parametr ještě zpřísňuje dle Tab. 3.

Tab. 3 Povolené hodnoty flikru dle PPDS

Pst	$\leq 0,8$
Plt	$\leq 0,6$

2.5.4. Krátkodobé poklesy napájecího napětí

Krátkodobé poklesy jsou obecně způsobeny poruchami v instalacích odběratelů nebo ve veřejné DS. Jsou to nepředvídatelné, převážně náhodné jevy. Jejich četnost se během roku mění podle typu rozvodné sítě a místa sledování.

V průběhu roku může být očekávaný počet krátkodobých poklesů napětí od několika desítek až do jednoho tisíce. Většina krátkodobých poklesů napětí má dobu trvání kratší než 1 sekundu a hloubku poklesu menší než 60 %. Občas se však mohou vyskytnout krátkodobé poklesy napětí s větší hloubkou a delší dobou trvání. V některých oblastech se mohou velmi často vyskytovat krátkodobé poklesy napětí s hloubkou poklesu mezi 10 % a 15 % U_n je výsledkem spínání zatížení v instalacích odběratelů.

2.5.5. Krátkodobá přerušení napájecího napětí

- krátkodobá přerušení napájení (trvání ≤ 3 min);

V ročním horizontu výskyt krátkodobých přerušení napájecího napětí v rozsahu od několika desítek až do několika stovek. Přibližně 70 % krátkodobých přerušení bývá kratší než 1 sekundu.

Odběratelé při odběru z nízkého napětí jsou vystaveni jevům v sítích vysokého napětí, k nimž jsou jejich napájecí sítě připojeny a jevům, které vznikají v jejich konkrétních a přilehlých sítích nn.

2.5.6. Dlouhodobé poklesy napájecího napětí

- dlouhodobá přerušení napájení (trvání > 3 min);

Dlouhodobé přerušení napětí je často způsobeno vnějšími vlivy nebo událostmi, kterým dodavatel nemůže předcházet. Velikost a doba trvání dlouhodobých přerušení není možné uvést typickými hodnotami z důvodu topologie elektrických sítí a také kvůli málo předvídatelným přírodním živlům a je potřeba vzít v úvahu vliv třetí strany.

Za normálních provozních podmínek může být roční četnost přerušení napětí delších než tři minuty menší než 10. minut, avšak v závislosti na oblasti může dosahovat až 50. minut.

2.5.7. Dočasná přepětí o síťovém kmitočtu mezi živými vodiči a zemí

Tato přepětí se obecně objevují během poruch ve veřejné distribuční síti, nebo v instalaci odběratele a jsou nepatrné nebo nulové, jakmile je porucha odstraněna. Často mohou zmíněná přepětí dosáhnout v důsledku posunu uzlového bodu třífázové soustavy hodnoty sdruženého napětí. Za určitých okolností způsobí zkrat na straně VN transformátoru dočasné přepětí na straně NN, jehož doba trvání bude shodná s dobou trvání zkratového proudu. Takováto přepětí všeobecně nepřekračují 1,5 kV.

2.5.8. Přechodná přepětí mezi živými vodiči a zemí

Přechodná přepětí ve většině případů nepřekračují 6 kV (vrcholová hodnota), náhodně se mohou vyskytnout i hodnoty vyšší. Doby čela přepětí jsou velmi různé - od milisekund až po méně než mikrosekundu.

2.5.9. Nesymetrie napětí

Uvažujeme hodnotu pouze zpětné složky, protože tato složka je rozhodující pro možné rušení spotřebičů připojených do sítě.

Za běžných provozních podmínek musí být v libovolném týdenním období 95 % desetiminutových středních efektivních hodnot zpětné složky napájecího napětí v rozsahu 0 % až 2 % sousledné složky. V určitých oblastech, v nichž jsou instalace odběratelů částečně připojeny jednofázově nebo dvoufázově se vyskytují v odběrných místech nesymetrie až do 3 %

2.5.10. Harmonická napětí

Za normálních provozních podmínek musí být v jakémkoliv týdenním období 95 % desetiminutových středních efektivních hodnot napětí každé harmonické menší nebo rovno hodnotě uvedené v následující Tab. 4. Rezonance mohou způsobit u některých harmonických vyšších napětí. Hodnoty pro harmonické vyšších řádů než 25 (viz. Tab. 5) se neuvádějí, jelikož jsou obvykle malé, avšak vlivem rezonančních účinků obtížně předvídatelné.

Tab. 4 Meze harmonického napětí

Síť	Max. amplituda harmonické u_h [% U_n]	Max. THD [%]
110 kV	2	$\leq 2,5$
220 kV	1,5	≤ 2
400 kV	1	$\leq 1,5$

Celkový činitel zkreslení THD napájecího napětí (zahrnující všechny harmonické až do řádu 40) musí být menší nebo roven 8 %.

THD se určí podle následujícího vztahu:

$$THD = \sqrt{\sum_{h=2}^{40} (u_h)^2} \quad (3)$$

,kde u_h je poměr amplitudy příslušné harmonické (u_h) k amplitudě základní harmonické U_1 .

2.5.11. Meziharmonická napětí

S rozvojem používání měničů kmitočtu a podobných zařízení hladina meziharmonických narůstá. Hodnoty se v současné době studují a získávají se další zkušenosti.

V určitých případech způsobují meziharmonické i nízkých úrovní flickr nebo rušení v systémech hromadného ovládání.

2.5.12. Úrovně napětí signálů v napájecím napětí

Za normálních provozních podmínek musí být během libovolného denního období 99 % průměrných efektivních hodnot meziharmonických napětí v měřicích intervalech 3 s menších než 0,3 % U_n . Úroveň signálu HDO by neměla při přípojných vazbách HDO překročit hodnotu 0,3 % U_n .

2.6. Rušivé vlivy působící na parametry kvality napětí

Norma ČSN EN 61000-4-1 [3] uvádí účinky, jež ovlivňují kvalitu parametrů elektrické energie, a jsou to:

- a) elektromagnetické rušení
- b) magnetické rušení
- c) elektrostatické rušení
- d) přechodové jevy šířené vedením
- e) vysokofrekvenční rušení
- f) nízkofrekvenční rušení

Nejvíce se podílejí na rušení v distribučních sítích nízkofrekvenční rušení. Zmíněné rušení má kmitočtový rozsah od 0-200 Hz.

2.6.1. Nízkofrekvenční rušení

Harmonické frekvence - dlouhodobé a krátkodobé změny napájecího napětí až po 40. harmonickou. V normě ČSN EN 50 160 ed.3. jsou definované harmonické jen po 25. harmonickou viz Tab. 5. Zdrojem harmonických jsou nelineární spotřebiče např. všechny polovodičové součástky, protože spínají v různých bodech křivky napětí, dále elektrické obloukové pece, svářečky atd.

Kolísání napětí - sled rychlých změn napájecího napětí, zapříčiněných např. zapnutím spotřebiče, nebo přepínáním odboček na transformátoru

Meziharmonické frekvence - časově proměnná amplituda napájecího napětí. Příčinou jsou již zmiňované měniče kmitočtu a obloukové pece.

Tab. 5 Úrovně har. napětí v předávacím místě v procentech u_1 pro řady har. až do 25 u NN a VN

liché násobky				sudé násobky	
ne násobky 3		násobky 3			
řád harmonické h	harmonické napětí %	řád harmonické h	harmonické napětí %	řád harmonické h	harmonické napětí %
5	6	3	5 ^{a)}	2	2
7	5	9	1,5	4	1
11	3,5	15	0,5	6...24	0,5
13	3	21	0,5		
17	2				
19	1,5				
23	1,5				
25	1,5				
POZNÁMKA: Úroveň harmonické vyššího řádů než 25 se neuvádějí, jelikož obvyklé malé, avšak vlivem rezonančních jevů obtížně předvídatelné.					
^{a)} u VN je v závislosti na druhu sítě mohou být hodnoty třetí harmonické podstatně nižší					

Tab. 6 Úrovně har. napětí v předávacím místě v procentech u_1 pro řady har. až do 25 u VVN

liché násobky				sudé násobky	
ne násobky 3		násobky 3			
řád harmonické h	harmonické napětí %	řád harmonické h	harmonické napětí %	řád harmonické h	harmonické napětí %
5	5	3	3 ^{a)}	2	1,9
7	4	9	1,3	4	1
11	3	15	0,5	6...24	0,5
13	2,5	21	0,5		
17	zkoumá se				
19	zkoumá se				
23	zkoumá se				
25	zkoumá se				
POZNÁMKA 1: Hodnoty pro harmonické vyššího řádů než 25 se neuvádějí, jelikož obvyklé malé, avšak vlivem rezonančních jevů obtížně předvídatelné.					
POZNÁMKA 2: Uvažují se informativní hodnoty harmonických (ne násobky 3) řádu vyššího než 13.					
POZNÁMKA 3: V některých zemích jsou vždy vhodné omezení pro harmonické.					
^{a)} v závislosti na druhu sítě mohou být hodnoty třetí harmonické podstatně nižší					

2.6.1.1. Rušivé vlivy harmonických

Zdroje harmonických

- osvětlovací tělesa v sítích NN s nelineární charakteristikou
- elektrické obloukové pece
- polovodičové měniče
- transformátory
- synchronní generátory
- elektrická vedení

Rušivé harmonické mohou ovlivňovat

a) silnoprůdová zařízení

- přetěžováním kompenzačních baterií
- vznik parazitních momentů u motoru
- dodatečné ztráty u transformátorů
- dodatečné ztráty u elektrických strojů

b) ostatní zařízení

- vliv na přesnost měření elektrických veličin a spotřeby elektrické energie
- nežádoucí vliv na telekomunikace
- nepříznivý vliv na funkce ochrany v elektroenergetice

2.6.1.2. Možnosti potlačení harmonických

Spotřebiče, které jsou zdrojem rušivých vlivů harmonických, izolujeme od ostatních spotřebičů např. napájením ze samostatných přípojníc. Další možností potlačení nežádoucích účinků jsou filtry harmonických. Zmiňované filtry, také slouží ke kompenzaci jalové složky proudu.

Druhy filtrů harmonických

- aktivní
- pasivní

Odstranění 3. harmonické u generátorů se provádí tak, že primární vinutí zapojíme do trojúhelníka, proudy této harmonické se tímto vinutím uzavrou.

U polovodičových měničů - nejnižší harmonická se u vícepulzních měničů určí podle vztahu č. 4.

$$n = k \cdot p \pm 1 \quad (4)$$

, kde n - je číslo harmonické

k - je celé číslo 1;2;...

p - je počet pulzů měniče

pro 12. pulzní zapojení -11,13,23,25...harmonická

2.6.2. Kolísání napětí (flickr)

Flickr se definuje jako rychlá změna napájecího napětí. Tento druh rušení je nejvíce znám, kvůli fyziologickým účinkům. Přenáší se z vyšší napěťové hladiny vlivem těžkého průmyslu a vzniká v síti nízkého napětí připojováním spotřebičů s rychle proměnným výkonem. Flickr zhoršuje zrakový vjem a tím i činnost člověka. Tyto změny jsou vyvolané rychlou změnou světelného toku. Mezní hodnoty již byly uvedeny v dřívější kapitole.

2.6.2.1. Příčiny kolísání napětí (flickru)

Elektrický spotřebič, který najdeme v každé domácnosti a je napájen z distribuční sítě je žárovka. Žárovka vyžaduje ke své funkci konstantní napájecí napětí. Připojí-li se odběratel s proměnlivým výkonem, způsobí měnící se úbytek napětí. Velikost změny napětí je poměr dvou po sobě následujících hodnot fázového napětí $U(t_1)$ a $U(t_2)$. Tyto hodnoty se musí změřit nebo vypočítat. Oko je nejcitlivější na frekvenci 10-20 Hz. Je-li rovnoměrná zátěž, pak se flickr zmenšuje ve směru toku síťového napětí.

$$\Delta U = U(t_1) - U(t_2) \quad (5)$$

Relativní změna napětí je dána vztahem:

$$d = \frac{\Delta U}{U_n} \quad (6)$$

Příčiny způsobující flickr:

- elektrické obloukové pece
- svářečky
- proměnlivá zátěž
- spínání velké zátěže
- spouštění velkých motorů

2.6.2.2. Snižování flikru

Ke zlepšení kvality elektrické energie ze strany odběratelů může dojít tím, že dojde k opravě nevyhovující elektroinstalace, a dále se zvětší průřez středního vodiče. Takovéto snížení rušivého vlivu je nákladné po finanční stránce. K potlačení rušivých vlivů na straně distributora by bylo potřeba, aby mohl distributor definovat za jakých podmínek, jaký spotřebič lze do sítě připojit a v jakou dobu. To však není v jeho působnosti.

2.7. Nesymetrie

Popis nesymetrie je uveden v předchozí kapitole o charakteristice napájecího napětí z distribuční soustavy.

Členění nesymetrie:

Amplitudová	- různé amplitudy v různých fázích
Fázová	- rozdíly fázových úhlů jsou odlišné
Obecná	- dochází-li k amplitudové i fázové nesymetrii

2.7.1. Příčiny nesymetrie

Nesymetrii napětí v trojfázové síti má za následek jednofázový spotřebič. Tento jev lze odstranit s minimálními náklady a poměrně snadno se mu lze zcela vyhnout. V trojfázové síti nn, je možno rozložit jednofázové spotřebiče tak, aby byla každá fáze vytížena rovnoměrně. Příčinným zdrojem nesymetrie jsou jednofázové přípojky.

U sítí vn a vvn je počet jednofázových spotřebičů malý, ale jejich připojovaný výkon je významný vzhledem k ostatním spotřebičům. Jsou to např. měnírny, jednofázová trakce a jednofázové elektrické pece.

2.7.2. Snížení nesymetrie napětí

Z uvedených zdrojů vzniká nesymetrie napětí u jednofázových spotřebičů. Z této podstaty vyplývá i způsob odstranění rušivých vlivů nesymetrie napětí. Řešením je rozdělení jednofázových spotřebičů tak, aby byly všechny fáze pokud možno stejně zatíženy.

Proces připojení nesymetrické zátěže do elektrizační soustavy.

1. Připojení v závislosti na zkratovém výkonu sítě
2. Připojení na základě individuálního vyhodnocení dohodnutého zapojení nesymetrických odběrů
3. Připojování za mimořádných okolností

2.8. Teorie statistiky

Základní charakteristiky statistických souborů jsou definovány analogicky jako charakteristiky náhodné proměnné X , již u statistických souborů je uvažovaný argument. Úlohu pravděpodobnosti hrají zde relativní četnosti (ve shodě se statistickou definicí pravděpodobnosti) a funkce $\varphi(x)$ a $\Phi(x)$ lze považovat za empirické pravděpodobnostní funkce variační řady s analogickými vlastnostmi, jaké mají funkce rozložení pravděpodobnosti náhodné veličiny. Mezi nejdůležitější charakteristiky patří charakteristiky polohy, střední hodnota, modus, medián a kvantily.

Empirická střední hodnota

$$x = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n f_i x_i \quad (7)$$

Modus statistického souboru $Mo(x)$

je ta hodnota argumentu X , která má největší absolutní četnost.

Medián statistického souboru $Me(x)$

je ta hodnota argumentu X , která rozděluje soubor uspořádaný na dvě části o stejném počtu prvků. Má-li soubor sudý počet prvků, považuje se za medián průměrná hodnota prostředních dvou.

Empirický p -kvantil

je taková hodnota x_p , pro kterou platí, že $100p$ procent prvků souboru je nanejvýš rovných x_p . Nejčastěji používanými kvantily jsou kvartily, decily a percentily. Druhou skupinu charakteristik jsou charakteristiky variability, empirický rozptyl (disperze), směrodatná (standardní) odchylka, průměrná odchylka a variační koeficient. Většina z nich je přímou analogií příslušných teoretických ukazatelů.

Empirický rozptyl (empirická disperze) je dán vztahem

$$s_x^2 = D(x) = \frac{1}{N} \sum_i f_i (x_i - x)^2 \quad (8)$$

Jedná se o charakteristiku variability rozdělení pravděpodobnosti náhodné veličiny, která vyjadřuje variabilitu rozdělení souboru náhodných hodnot kolem její střední hodnoty.

Empirická směrodatná (standardní) odchylka je

$$s_x = \sqrt{D(x)} \quad (9)$$

Vlastnosti směrodatné odchylky:

- směrodatná odchylka měří rozptýlenost kolem průměru
- $s = 0$ pouze v případech, kdy se všechna data rovnají stejné hodnotě, jinak $s > 0$
- stejně jako průměr je i směrodatná odchylka silně ovlivněna extrémními hodnotami, i jedna nebo dvě odlehlé hodnoty ji silně zvětšují

- je-li rozdělení dat silně zešikmené (zjistíme pomocí koeficientu šikmosti), směrodatná odchylka neposkytuje dobrou informaci o rozptýlenosti dat - v těchto případech používáme kvantilové charakteristiky.

Průměrná odchylka je určena vztahem

$$d = \frac{1}{N} \sum_i f_i \cdot |x_i - x| \quad (10)$$

Variační koeficient je dán vztahem

$$v = \frac{s_x}{\bar{x}} \quad (11)$$

(často se udává v procentech).

Variační koeficient používáme, jestliže chceme posoudit relativní velikost rozptýlenosti dat vzhledem k průměru. Počítáme ho, když chceme porovnat rozptýlenost dat skupin měření stejné proměnné s různým průměrem, nebo v případech, kdy se mění velikost směrodatné odchylky tak, že je přímo závislá na úrovni měřené proměnné.

3. Možnosti měření parametru kvality v distribučních sítích

Kvalitativní parametry dodávky elektrické energie jsou jedním z rozhodujících jevů pro vznikající nezávislý trh s elektřinou, který určuje konečnou prodejní cenu. V ideálním případě by měl uživatel elektřiny dostat tento produkt v podobě, v jaké je pro něj v elektrárně vyroben, tj. jako třífázovou souměrnou napětíovou soustavu s konstantní amplitudou, konstantním kmitočtem a čistě sinusovým průběhem. V západoevropských zemích jsou kvalitativní parametry velmi přísné a uplatňované sankce vedou ke snížení ceny až na jednu polovinu v rámci celkové spotřeby energie v období jednoho roku pro určitého odběratele. Obdobný vývoj lze očekávat v krátké době i v České republice a je nutné si uvědomit, že pokuty za nekvalitní dodávky jdou na vrub distribučních společností. [3]

Parametry kvality dodávky elektrické energie je nutné kvantifikovat na předávacích místech. K tomu je určena celá řada zařízení různé složitosti a technické úrovně. Tato zařízení lze dělit v zásadě do dvou skupin:

- na univerzální analyzátory, složité a náročné na obsluhu s vysokou cenou,
- jednodušší přístroje provozního charakteru, jejichž využívání umožňuje nejen sledování kvality elektrické energie,

Na trhu je řada přístrojů, které umožňují záznam kvalitativních parametrů dodávky. S vývojem elektronických prostředků dochází k postupné integraci jednotlivých funkcí do univerzálního zařízení pro široké použití s jednoduchou obsluhou.

3.1. Hodnocení parametrů kvality

Metody pro hodnocení a měření charakteristik napětí jsou definovány normou ČSN EN 61000 4-7 [6] a ČSN EN 50 160 ed.3.[2] Tyto normy definují požadavky na měřicí soupravy, které zaručují porovnatelnost a opakovatelnost měření.

U měření charakteristik napětí je potřeba měřit a vyhodnocovat ta napětí, na kterých jsou připojovány odběry, tzn.:

- ve čtyřvodičových sítích nn napětí mezi fázemi a středním vodičem, příp. i napětí mezi fázemi
- v sítích VN sdružená napětí
- v sítích VVN sdružená napětí.

3.1.1. Výjimečné stavy v distribuční soustavě

Za nesplnění obecných standardů kvality elektrické energie je považováno kdy všechny stavy v distribuční soustavě, při kterých jsou překročeny dovolené meze dle předchozích norem. S výjimkou výjimečných stavů, na které nemá dodavatel vliv.

Tab. 7 Příklady výjimečného stavu

Mimořádné podmínky	Příklad použití
Extrémní povětrnostní podmínky a jiné živelné pohromy	Vítr a bouřky o extrémní prudkosti, sesuvy půdy, zemětřesení, laviny, povodně, námrazy
Zásahy třetí strany	Sabotáže, vandalismus
Zásahy veřejných institucí	Překážky při realizaci nápravných opatření
Průmyslová činnost	Přerušení práce, stávka
Vyšší moc	Rozsáhlá neštěstí
Nedostatek energie vyplývající z vnějších vlivů	Omezení výroby nebo vypnutí přenosových vedení

3.2. Požadavky kladené na měřicí přístroje kvality elektrické energie

Měření kvality elektrické energie se provádí prostřednictvím síťových analyzátorů. Pojmenované měřicí přístroje byly speciálně navrženy pro měření v elektrických sítích. Měří časový průběh napětí a proudů a následně zpracovává podle standardů platných pro měření jednotlivých rušivých vlivů, z nichž základní pro tuto oblast jsou:

- harmonické a mezipharmonické (v souladu s ČSN EN 61000-4-7)
- kolísání napětí – blikání (v souladu s ČSN EN 61000-4-15)
- kvalita elektřiny komplexně (v souladu s ČSN EN 50160 ed.3)

V síťovém analyzátoru je sdružen monitoring všech rušivých vlivů vyskytujících se na rozhraní a dodávky a spotřeby elektrické energie. Analyzátor kvality napětí musí být schopen současně měřit tyto parametry v trojfázové síti:

- kmitočet sítě
- velikost napájecího napětí a jeho odchylky
- rychlé změny napětí
- flickr
- poklesy a zvýšení napájecího napětí
- přerušení napájecího napětí
- nesymetrie napětí
- harmonické napětí
- mezipharmonické napětí
- signály v napájecím napětí.

Kromě těchto parametrů kvality musí analyzátor umožňovat měření velikosti proudů a z nich odvozených (podle přiřazených napětí) i dalších veličin:

- činný výkon
- zdánlivý výkon
- jalový výkon
- zpětnou složku proudu a její úhlový vztah k referenčnímu napětí (nebo výkon)
- harmonické proudy a jejich úhlový vztah k referenčnímu napětí (nebo výkon).

Pro analyzátory kvality napětí v předacích místech z DS a společných napájecích bodech s regionálními výrobci obvykle postačí třída B, v případě sporů se pro kontrolní měření kvality používají analyzátory třídy A.

3.3. Měřicí intervaly

Definované měřicí intervaly podle ČSN EN 61000-4-30 (33 3432) [5] jsou:

velmi krátký čas:	3 s
krátký čas:	10 minut
dlouhý čas:	2 hodiny.

Pro různé metody měření jsou požadovány tyto časové intervaly:

- pro síťovou frekvenci: 10 s
- pro flickr: 10 minut a 2 hodiny
- pro velikost napájecího napětí, harmonická/meziharmonická napětí a nesymetrii: 3 s, 10 minut a 2 hodiny
- pro signály po síti: 3 s a 10 minut.

3.4. Časová agregace měření

Agregace měření je stanovena pro harmonické, meziharmonické, nesymetrii a velikosti napětí. Časové intervaly agregace jsou:

- 10 cyklů (pro jmenovitých 50 Hz)
- 150 cyklů (pro jmenovitých 50 Hz); tento interval se nazývá "velmi krátký čas"
- 10 minut; tento interval se nazývá "krátký čas"
- 2 hodiny; tento interval se nazývá "dlouhý čas".

Všechny agregace jsou vytvořeny z druhé odmocniny součtu druhých mocnin vstupních hodnot.

$$Cn_{VS} = \sqrt{\frac{\sum_{K=1}^M C_{n,K}^2}{M}} \quad (12)$$

,kde M je počet jednotlivých vypočtených hodnot harmonických Cn_{VS} o celou dobu intervalu T.

Data pro interval 150 cyklů musí být agregována z přesně patnácti intervalů 10 cyklů.

Každý 10 minutový interval musí začínat na 10 minutové hranici reálného času. Data pro interval 10 minut musí být agregována ze všech dostupných 150 cyklových intervalů během 10 minutového intervalu.

Uživatel může volit, zda zahrnout nebo vyloučit označená data z následující hladiny agregace. Pokud je některá hodnota označena příznakem nebo vyloučena z následující hladiny agregace, pak musí být označena i tato hladina.

Každý 2. hodinový interval musí začínat na dvouhodinové hranici reálného času. Data pro 2 hodinový interval musí být agregována z přesně dvanácti 10 minutových intervalů.

3.5. Zkoušky přesnosti měřicích přístrojů

Tab. 8 Stavby při zkouškách přesnosti

Ovlivňující veličina	Zkušební stav 1	Zkušební stav 2	Zkušební stav 3	Tolerance
Frekvence	50 Hz	49 nebo 59 Hz	51 nebo 61 Hz	$\pm 0,5$ Hz
Velikost napětí	U_n	Určený flikrem, nesymetrií, harmonickými, meziharmonickými viz níže	Určený flikrem, nesymetrií, harmonickými, meziharmonickými viz níže	$\pm 1 \% U_n$
Flikr	žádný	$P_{st} = 1$, pravoúhlá modulace 2,275Hz	$P_{st} = 4$, pravoúhlá modulace 8,8 Hz	0,1
Nesymetrie	žádná	0,73 U_n fáze A 0,80 U_n fáze B 0,87 U_n fáze C Všechny úhly 120° (nesymetrie 5%)	1,52 U_n fáze A 1,40 U_n fáze B 1,28 U_n fáze C Všechny úhly 120° (nesymetrie 5%)	0,5 %
Harmonické	žádné	10 % U_n 3. h. při 0° 5 % U_n 5. h. při 0° 5 % U_n 29. h. při 0°	10 % U_n 7. h. při 180° 5 % U_n 13. h. při 0° 5 % U_n 25. h. při 0°	3 % U_n
Meziharmonické	žádné	1 % U_n při 7,5nás. zákl.harm.	1 % U_n při 1,8nás. zákl.harm. 3	1 % U_n

Přesnost přístrojů musí být ověřována pro každou měřenou veličinu následujícím způsobem:

1. volba ověřované měřené veličiny (např. efektivní hodnota napětí)
2. při udržování ostatních veličin ve zkušebním stavu 1 se ověřuje měřená veličina v pěti bodech rovnoměrně rozmístěných v pracovním rozsahu (např. 60 % U_n , 95 % U_n , 130 % U_n , 165 % U_n , 200 % U_n)
3. při udržování ostatních veličin ve zkušebním stavu 2 se zkouška opakuje
4. při udržování ostatních veličin ve zkušebním stavu 3 se zkouška opakuje.

3.6. Měřicí přístroje kvality elektrické energie

V dnešní době se používají nejmodernější prostředky k měření kvality elektrické energie. Tuto možnost měření poskytují síťové analyzátory. Analyzátory jsou vybaveny bohatým příslušenstvím a umožňují svému uživateli vysoký luxus nejen při samotném měření, ale také při vyhodnocování naměřených dat, jak už bylo uvedeno dříve. Síťový analyzátor lze řešit jako stavebnicový systém. [7]

K měření se používají například tyto prostředky:

Analýzátor sítě BK-ELCOM v provedení

- ENA175
- ENA400
- ENA510

- ENA 450

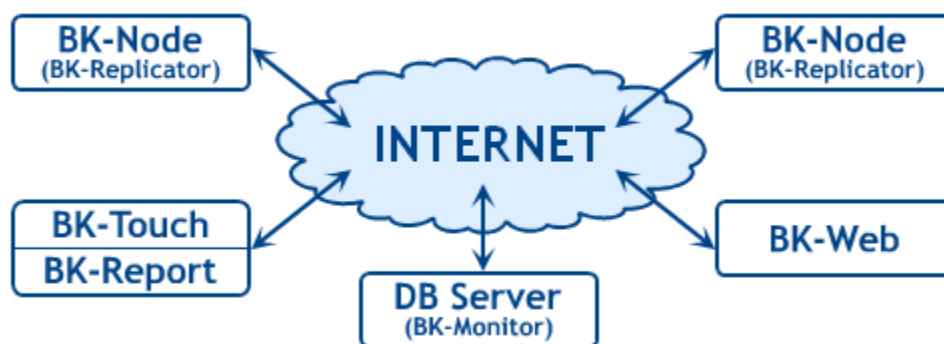
Analyzátor sítí Gossen metrawatt

- Mavowatt 20

Síťové analyzátoři jsou od sebe odlišné technickým provedením, účelem použití, softwarovým vybavením, třídou přesnosti atd. a v neposlední řadě cenou, která bude hrát u mnoha uživatelů velkou roli.

3.6.1. Systém monitoringu kvality elektřiny BK Elcom

Výsledek monitoringu kvalitativních parametrů elektřiny umožňuje dokumentovat a analyzovat kvalitu elektřiny ve vybraných místech rozvodné soustavy. Data jednotlivých měření jsou z jednotlivých míst přenášeny na centrální datový server. Dostupnost k těmto datům je možná z libovolného počítače prostřednictvím standardního prohlížeče www stránek. Uživatel si může v rámci prohlídky vybírat data z libovolného místa. [7]



Obr. 3 Schéma systému BK-Elcom

BK-Measure - Monitor kvalitativních parametrů elektřiny

Tato měřicí část systému obsahuje sadu modulů pro vyhodnocování elektrických veličin. V panelu je zobrazována i aktuální efektivní hodnota napětí a proudu, výkony a úhel mezi napětím a proudem v každé fázi pro zvolenou harmonickou.

BK-Post - Zpracování naměřených dat

Určitá část systému, která slouží pro zobrazení, porovnání, zpracování, tisk protokolů a export dat naměřených z částí BK-Measure.

BK-Replicator - Replikace dat na centrální datový server

Kvůli důležitosti a množství dat, která je potřeba ukládat, byl jako centrální úložiště zvolen SQL server, který umožňuje vytváření a spravování velkých relačních databází. Na straně analyzátoru jsou mechanismy, které umožňují ukládat naměřená data do centrálního úložiště, a tyto data následně zpracovávat a zobrazovat pomocí standardního internetového prohlížeče.

BK-Web - Zpracování naměřených dat na internetu

Data z jednotlivých míst měření jsou ukládána na centrální datový server do SQL databáze. Uživatel tedy může z libovolného počítače pomocí www stránek prohlížet naměřená data. Na centrálním datovém serveru jsou generovány www stránky s požadovanou podobou protokolu z měření.

BK-Remote - Dálková správa analyzátorů

Analyzátory kvality elektřiny mohou být centrálně on-line spravovány a monitorovány pomocí aplikace BK-Remote. Tento systém jim dovoluje dálkově (zastavovat, konfigurovat, spouštět), prohlížet naměřená data a zpracovávat je v podobě protokolů. K dostupnosti dat může uživatel využít internet nebo telefonní linky.

3.6.2. Síťové analyzátory

Výrobci v dnešní době nabízejí síťové analyzátory kvality elektrické energie v různých hardwarových podobách, buď v podobě jako stacionární, nebo jako přenosné měřicí přístroje. Celkové pojetí analyzátorů je řešeno tak, aby mohla flexibilně reagovat jak na požadavky zákazníků tak hlavně na často se měnící normy ČSN a EN.

Bez větších zásahů do hardwarové podoby si lze zkombinovat analyzátor s takovými funkcemi, jaké zákazník potřebuje.

Například je to:

- monitor výkonů a energií
- osciloskop
- vektorskop
- měřič blikání
- monitor napětí podle normy ČSN EN 50 160 ed.3
- transientní zapisovač
- analyzátor signálu HDO
- analyzátor symetrických složek sítě
- analyzátor impedance sítě
- monitor alarmů
- monitor efektivní hodnoty napětí za půlperiodu

Z pohledu softwaru představuje paralelně běžící procesy, z nichž je základním procesem sběr dat z měřicí karty. Nad tímto běží jednotlivé procesy jednotlivých implementovaných přístrojů, které změřená data analyzují, vizualizují a archivují. Analyzátor je vybaven grafickými rozhraními k uživateli, která jsou jednoduchá a mají intuitivní ovládání všech přístrojů implementovaných do analyzátoru s plným komfortem.

3.6.2.1. Síťové analyzátoři BK Elcom

Model ENA175

Tento model je nejjednodušším analyzátořem v produktové řadě firmy BK-ELCOM. Slouží pro základní monitoring a analýzu kvality elektrické energie v souladu s mezinárodními standarty. Přístroj je svou jednoduchou konstrukcí přizpůsoben pro montáž na DIN lištu nebo panel. Přístroj je vybaven třemi napěťovými a třemi přímými proudovými vstupy. Přístroj je vybaven LED displejem. Přenosný analyzátor kvality elektřiny je v souladu se standardem ČSN EN 61000-4-30. [7]



Obr. 4 ENA175

Model ENA400

Tento typ je ideálním prostředkem pro trvalou instalaci na rozvodnách a pro monitoring několika 3fázových soustav jediným přístrojem. Model je založen na výkonném průmyslovém PC ve skříni pro montáž do 19" rámu a až dvou externích jednotek úpravy signálu. Jeden modul slouží pro úpravu až 16-ti analogových signálů a volitelně poskytuje také až 64 digitálních vstupů. Digitální vstupy jsou vzorkovány synchronně s analogovými vstupy. Analyzátor ENA400 splňuje požadavky normy ČSN EN 61000-4-30 pro přístroj třídy A. [7]



Obr. 5 ENA400

Model ENA510

Analýzátor sítě v provedení ENA510 je umístěn v odolném plastovém kufříku. Konstrukce přístroje je extrémně mechanicky odolná a vhodná pro měření v terénu. Přístroj umožňuje monitorovat jeden či dva čtyřfázové systémy napětí a proudů, proudy jsou měřeny pomocí proudových kleští. Intuitivní ovládání umožňuje vestavěná dotyková obrazovka s povrchem o tvrdosti 7H (diamant má 10H). Pro konfiguraci lze také využít dálkové správy prostřednictvím Ethernetu či Wi-Fi. Přístroj lze volitelně rozšířit o externí přijímač GPS signálu pro přesnou časovou synchronizaci a měření fázorů. Přístroj lze také rozšířit o modul 16ti digitálních vstupů (24V). Analýzátor ENA510 splňuje požadavky normy ČSN EN 61000-4-30 pro přístroj třídy A. [7]



Obr. 6 ENA510

Analýzátor ENA450

Model ENA450 se skládá z procesorové jednotky a měřících modulů v kompaktním šasi určeném pro montáž na 35mm DIN lištu. Analýzátor sítí BK-ELCOM v provedení ENA450 je vyráběn ve čtyřech možných variantách (ENA450.EB, ENA450.EC, ENA450.NB, ENA450.NC). Model má 4 napěťové a 4 přímé proudové galvanicky vzájemně oddělené vstupy s antialiasing filtry. Také 3 napěťové a 3 nepřímé proudové galvanicky vzájemně oddělené vstupy s antialiasing filtry. Adaptivní vzorkovací frekvence. Rozlišení A/D převodníku 24bitů zabezpečuje extrémně vysokou přesnost a možnost detekce velmi nízkých úrovní harmonických. Volitelně digitální vstupy/výstupy. Spotřeba do 10VA. Z důvodu vysoké spolehlivosti neobsahuje točivé části. Operační systém VxWorks. Tento model byl vyhlášen jako Produkt roku 2007 – ocenění čtenářů Control Engineering Česko.[7]



Obr. 7 ENA450.EB

Další výrobci síťových analyzátorů

Gossen metrawatt – Mavowatt 20

Lehký a výkonný analyzátor, který se často používá pro měření kvality elektrické energie u obnovitelných zdrojů jako například větrné a solární elektrárny. Má $\frac{1}{4}$ VGA barevný dotykový displej kdy software je součástí a umožňuje okamžitý obraz o kvalitě měřené sítě a kontroluje, jestli parametry v určité síti vyhovují limitům normy ČSN EN 50 160 ed.3. Měří parametry V, I, W, VA, Var, THD, harmonické a další. Vyhodnocuje kvalitu elektrické energie v souladu s IEC 61000-4-30 a odpovídá třídě přesnosti A. [10]



Obr. 8 Mavowatt 20

4. Vyhodnocení měřených parametrů kvality na různých napětových hladinách

Nejdůležitějším faktorem je vždy vyhodnocení naměřených a zvolených parametrů v procesu objasnění kvalitativní stránky elektrické energie.

Pro zpracování a analýzu dat je důležité správné naměření, následně zpracování a vyhodnocení parametrů kvality elektrické energie. K dispozici jsem měl 32 dostupných měření z 5 různých obnovitelných zdrojů výroby elektrické energie, jak můžeme vidět v Tab. 9.

Tab. 9 Seznam všech dostupných měření

FVE	Výkon	Napětí	KGJ	Výkon	Napětí
Deva F-M	49kW	NN	F-M skládka	140kW	NN
Horká nad Moravou	750W	VN	Jablunkov	160kW	NN
Hrabišín	183kW	NN	Šenov u NJ	110kW	VN
Chvaletice	70kW	VN			
Kunín	120kW	NN	Bioplynová stanice	Výkon	Napětí
Radkovy	90kW	NN	Horní Tošanovice	780kW	VN
Strojnická Lhota	1,1MW	VN	Stonava	1380kW	VN
Sudkov	112kW	NN	Temenice	728kW	NN
Svatoňovice	100kW	NN	Třeština	999kW	VN
Troubky	32kW	NN			
Vlčice	120kW	NN	VTE	Výkon	Napětí
Vojkovice	225kW	NN	Guntramovice	35kW	NN
Vojkovice	350kW	NN	Horní Loděnice	18MW	VVN
MVE	Výkon	Napětí	Lipna	2MW	VN
Bartošovice	90kW	NN	Maletín	1,2MW	VN
Bystřička	50kW	NN			
Frýdlant	800kW	NN			
Chotěbuz	270kW	NN			
Malé Vrbno	37kW	NN			
Slezská Harta	2,75MW	VN			
Šance - Ostravice	200kW	NN			
Vrbno	50kW	NN			

U všech různých výrobních stanic jsou vybrány vždy dva objekty o různých výkonech (Tab. 10), které jsou následně zkoumány po grafické stránce a také jsou doplněny statistickými pojmy. Interval grafů jsou voleny tak, aby jej nemohly ovlivnit negativní jevy jako dny v týdnu nebo sváteční dny. Protože tyto dny mohou analýzu dat zkreslovat.

Tab. 10 Vybrané objekty pro analýzu dat

Typ	Název	Výkon	Napětí
Bioplynová stanice	Horní Tošanovice	780kW	VN
	Třeština	999kW	VN
Fotovoltaická elektrárna	Radkovy	90kW	NN
	Strojnická Lhota	1,1MW	VN
Kogenerační jednotka	Jablunkov	160kW	NN
	Šenov u NJ	110kW	NN
Malá vodní elektrárna	Chotěbuz	270kW	NN
	Slezská Harta	2,75MW	VN
Větrná elektrárna	Horní Loděnice	18MW	VVN
	Lipna	2MW	VN

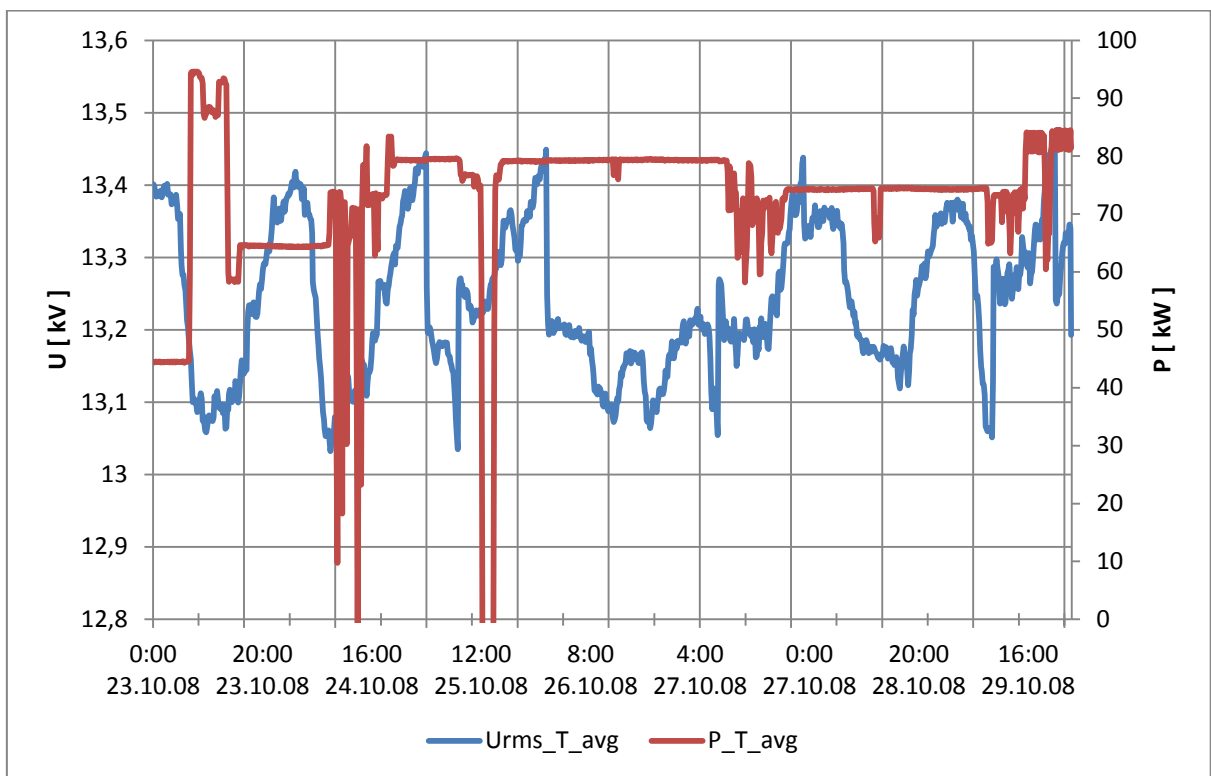
Veškerá naměřená data jsou zpracována prostřednictvím programu BK – REPORT, ten je dodáván spolu se síťovým analyzátozem, jehož druhy jsou uvedeny v předchozí kapitole. Pro lepší prezentaci konečných výsledků bylo vhodné data exportovat do tzv. tabulkových procesorů (např. Microsoft Office Excel).

4.1. Bioplynová stanice

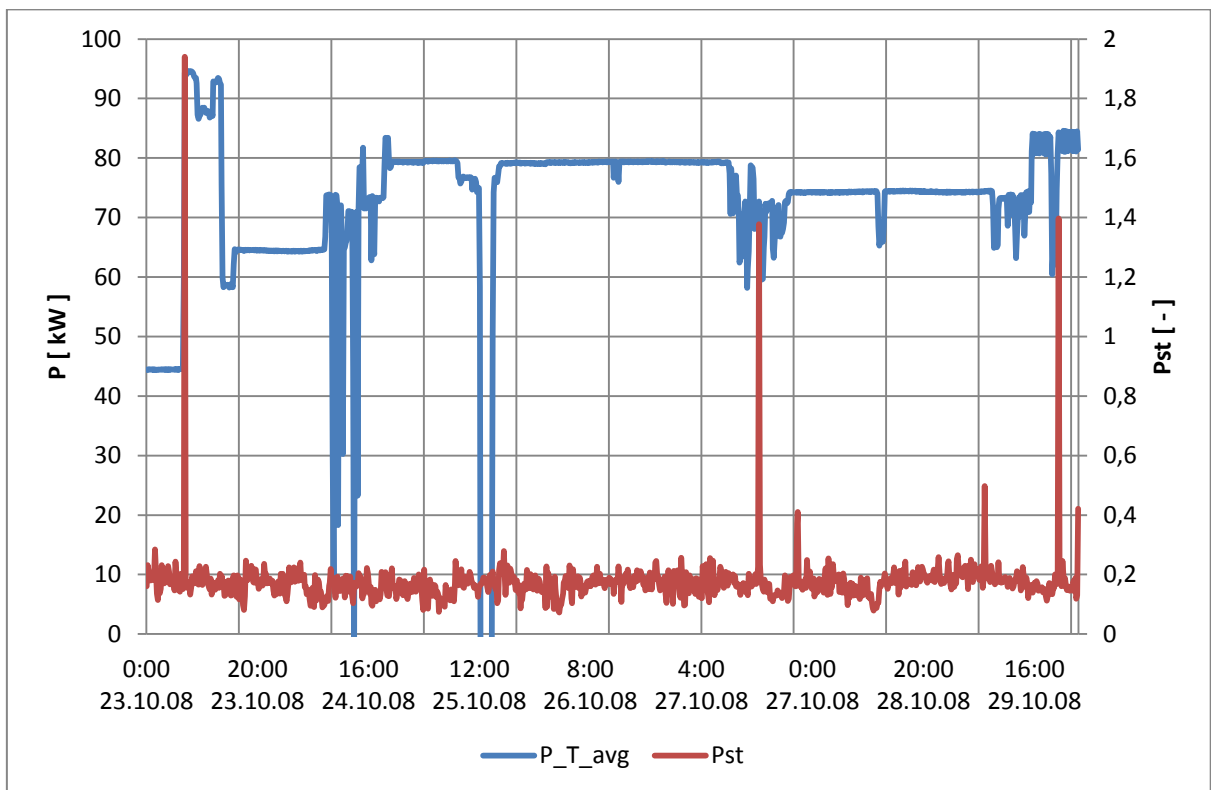
Jsou to moderní a ekologická zařízení, která se běžně provozují u nás i ve světě. Zpracovávají velkou škálu materiálů nebo odpadů organického původu prostřednictvím procesu anaerobní digesce bez přístupu vzduchu v uzavřených reaktorech. Výsledkem procesu je bioplyn, který je zatím nejčastěji využíván k efektivní výrobě obnovitelné elektřiny a tepla. Dále digestát, který lze použít jako kvalitní hnojivo (obdoba kompostu).

4.1.1. Horní Tošanovice

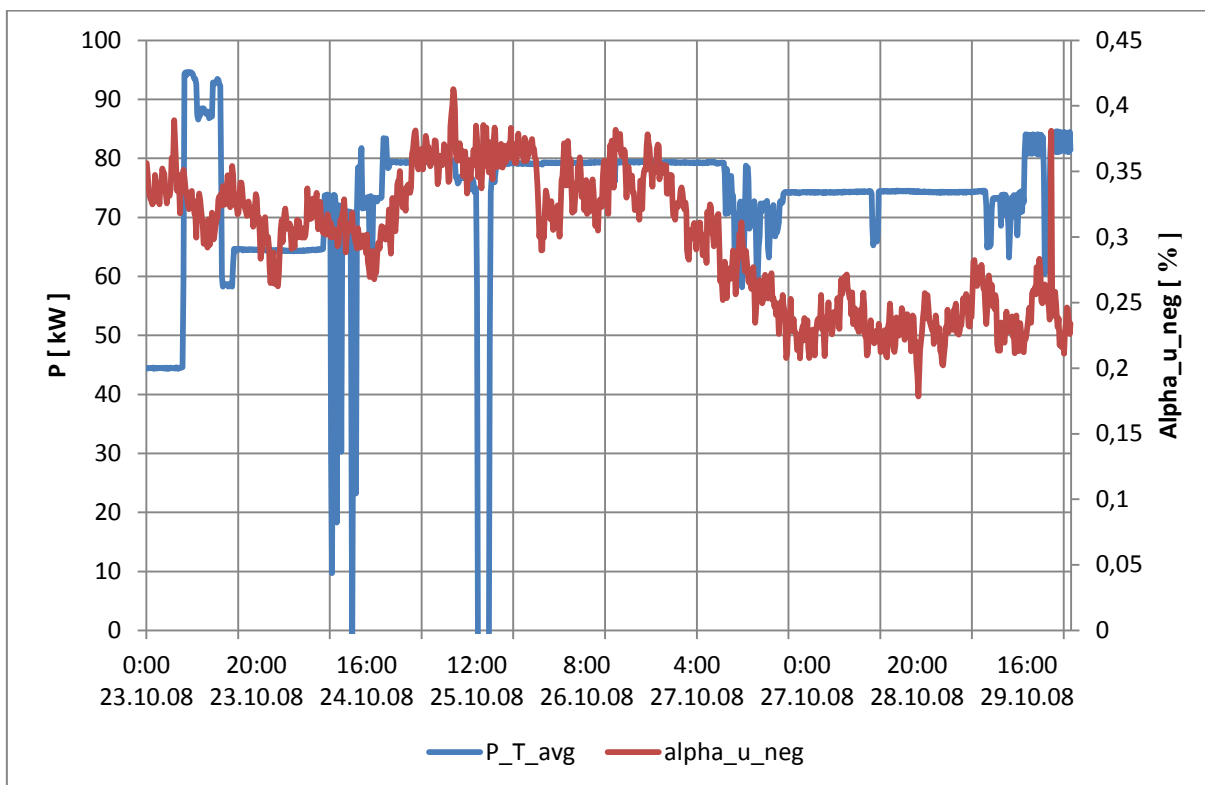
Bioplynová stanice pracuje na principu mokré fermentace. Struktura stanice je 1 x fermentor (2280 m³), 1 x dofermentor (2280 m³); 3 x kogenerační jednotka Schnell ES 2507. Celkový instalovaný tepelný výkon je 712 kW a celkový instalovaný elektrický výkon je 780kW. Zdroj bioplynové stanice je kukuřičná siláž a hnůj. Tato elektrárna je v provozu od listopadu 2008. [1]



Obr. 9 Vliv napětí na výkon v čase – Horní Tošanovice



Obr. 10 Vliv výkonu na flíkr v čase – Horní Tošanovice

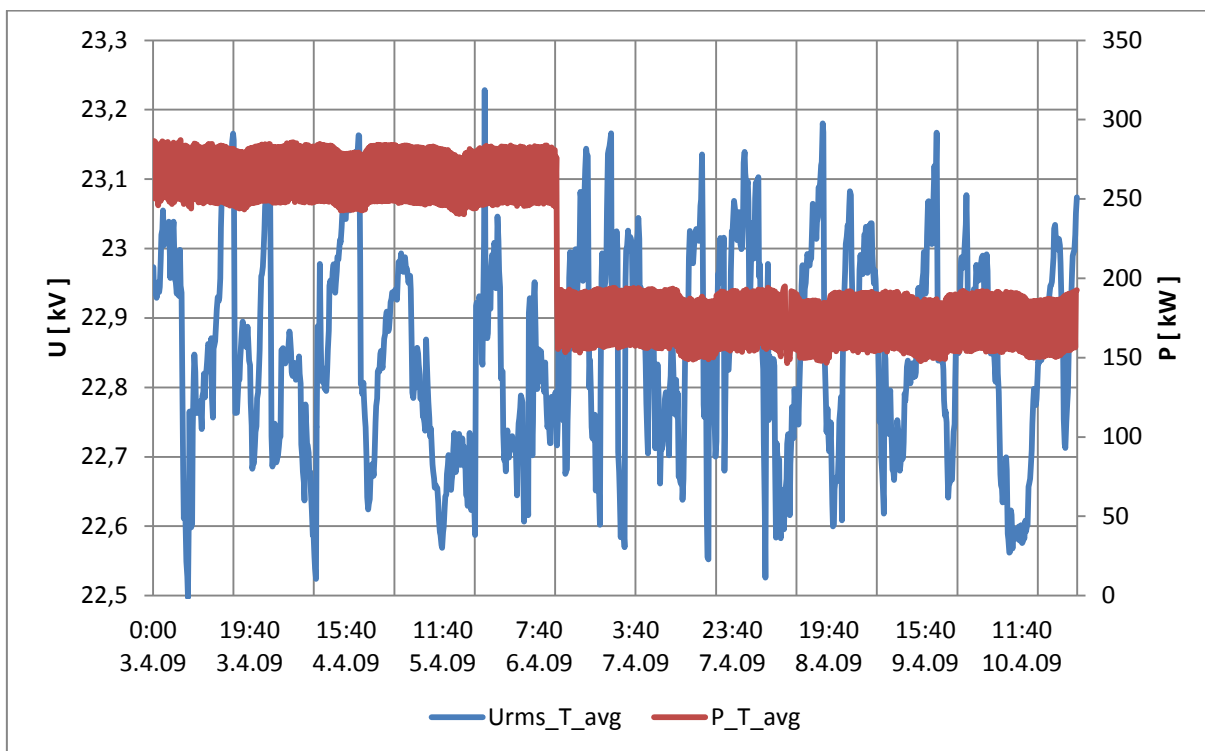


Obr. 11 Vliv výkonu na nesymetrii v čase – Horní Tošanovice

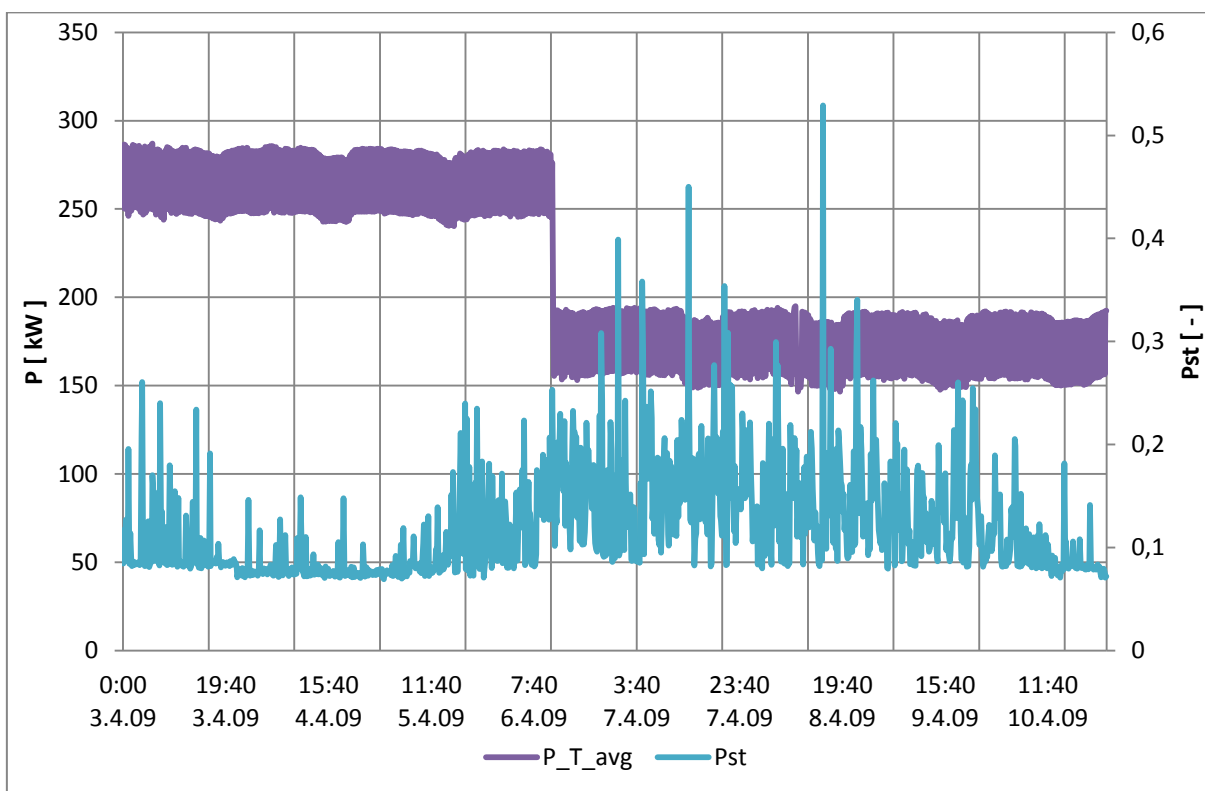
Z Obr. 9 můžeme sledovat, jak napětí nekoresponduje s výkonem. Toto je zejména ovlivněno tím, že měření je na straně VN. Příspěvek bioplynové stanice je poměrně malý pro ovlivnění chodu sítě. Obr. 10 a Obr. 11 dokládá, že flickr ani nesymetrie není ovlivňována výkonem. Je možno sledovat krátkodobý flickr, který dosahuje nepovolených hodnot (maximální $P_{st} = 1,94$), naopak nesymetrie je v mezích dle normy ČSN EN 50160 ed.3.

4.1.2. Třeština

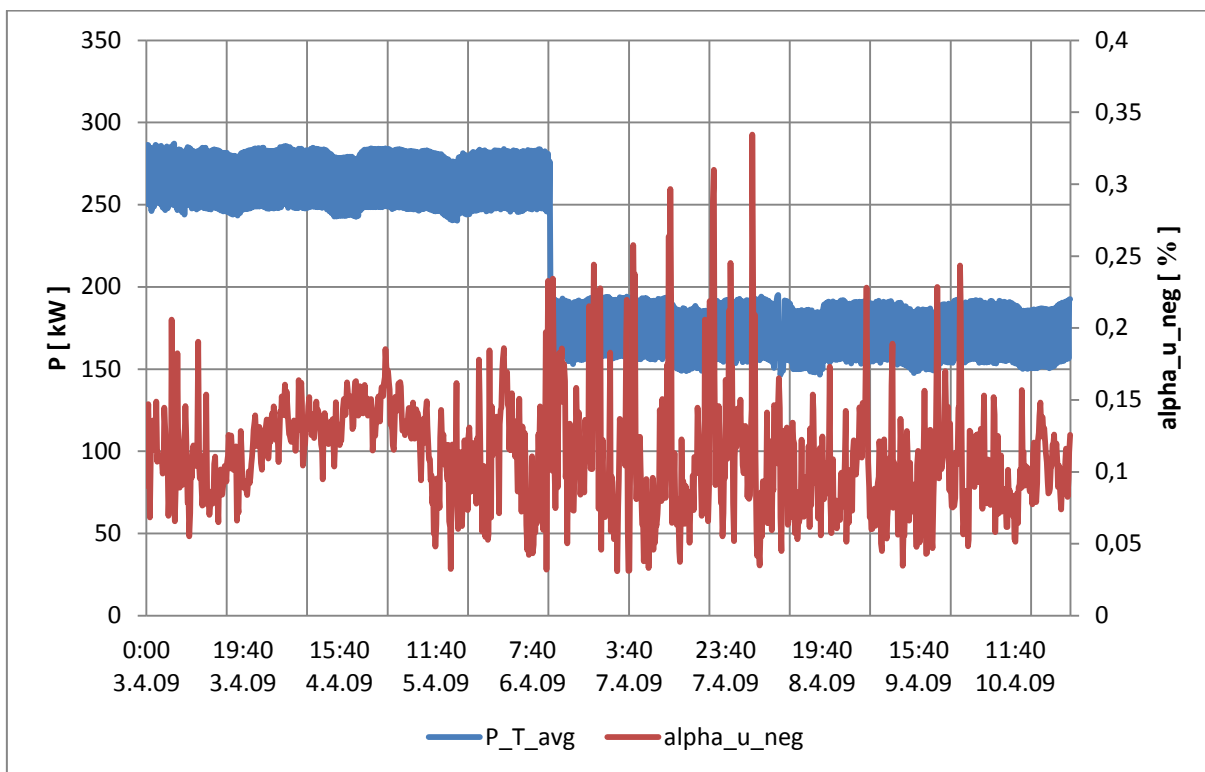
Tato bioplynová stanice také pracuje na principu mokré fermentace. Elektrárna je složena z jednoho fermentoru (5120m^3) a jedné kogenerační jednotky, která má instalovaný tepelný výkon 1297kW a elektrický výkon 999kW . Zdrojem bioplynové stanice je kukuřičná siláž, kejda, obilný šrot. Do provozu byla uvedena v březnu 2009. [1]



Obr. 12 Závislost napětí a výkonu v čase - Třeština



Obr. 13 Vliv výkonu na flíkr v čase - Třeština



Obr. 14 Vliv výkonu na nesymetrii v čase - Třeština

Měření této bioplynové stanice je na vývodu 22 kV. Na Obr. 12, Obr. 13 a Obr. 14 možno sledovat, jak vyšší výkon stabilizuje napětí, flickr i nesymetrii v prvním úseku měření. Při snížení výkonu o 93 kW, je možno sledovat, jak hodnoty flickru a nesymetrie v druhém úseků měření se zvyšují. Všechny hodnoty jsou v mezích normy. Matematickým srovnáním v Tab. 11, můžeme sledovat jak u hodnot druhého úseku je velké zvýšení flickru i nesymetrie. Například znatelný rozdíl směrodatné odchylky prvního a druhého úseku. Z Tab. 11 lze vyčíst odlišné hodnoty mezi danými úseky, kdy první úsek má pravděpodobně zkratový výkon v lepším poměru.

Tab. 11 Statistické údaje - Třeština

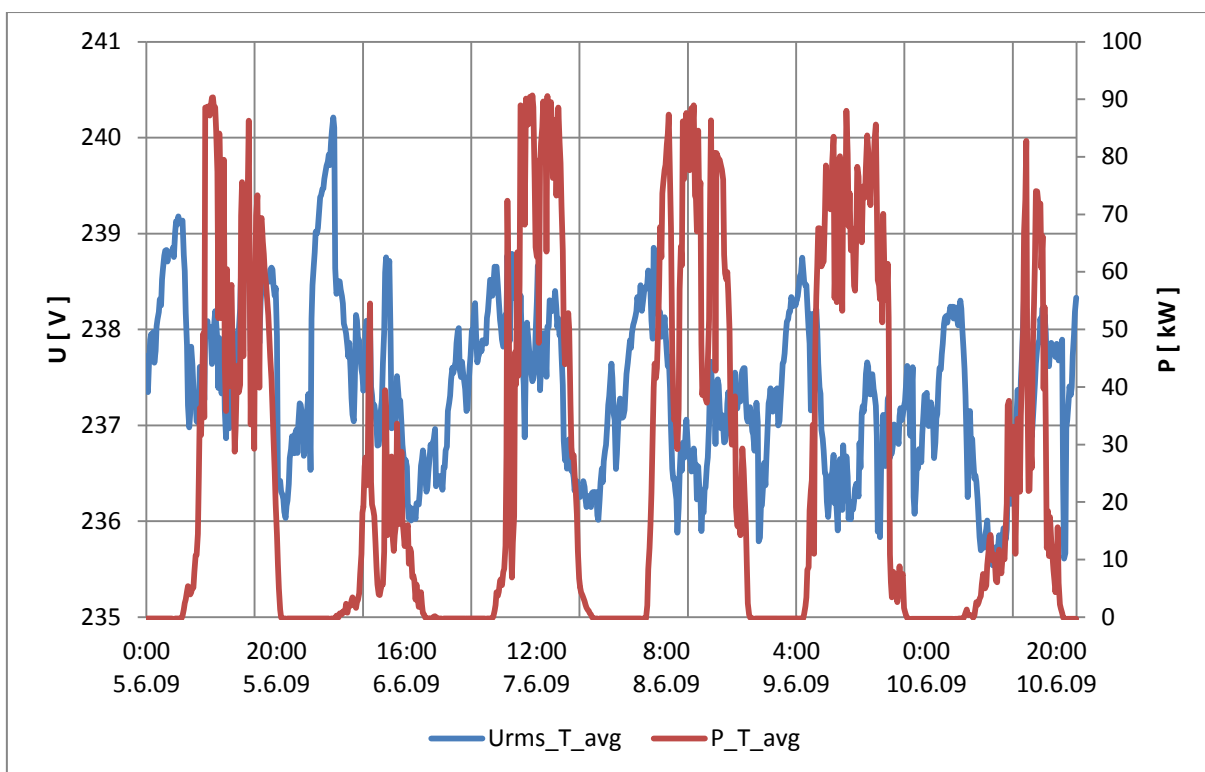
	Výkon [kW] 1 úsek	Výkon [kW] 2 úsek	Flickr [-] 1 úsek	Flickr [-] 2 úsek	Nesymetrie [%] 1 úsek	Nesymetrie [%] 2 úsek
Minimum	240,300	146,497	0,069	0,071	0,032	0,031
Maximum	287,125	195,031	0,260	0,929	0,233	0,335
Průměr	270,412	177,474	0,096	0,138	0,119	0,105
Směrodatná odchylka	16,733	16,964	0,033	0,066	0,029	0,042
Rozptyl	-	-	0,001	0,004	0,001	0,002
Medián	281,438	186,726	0,083	0,124	0,122	0,098

4.2. Fotovoltaická elektrárna

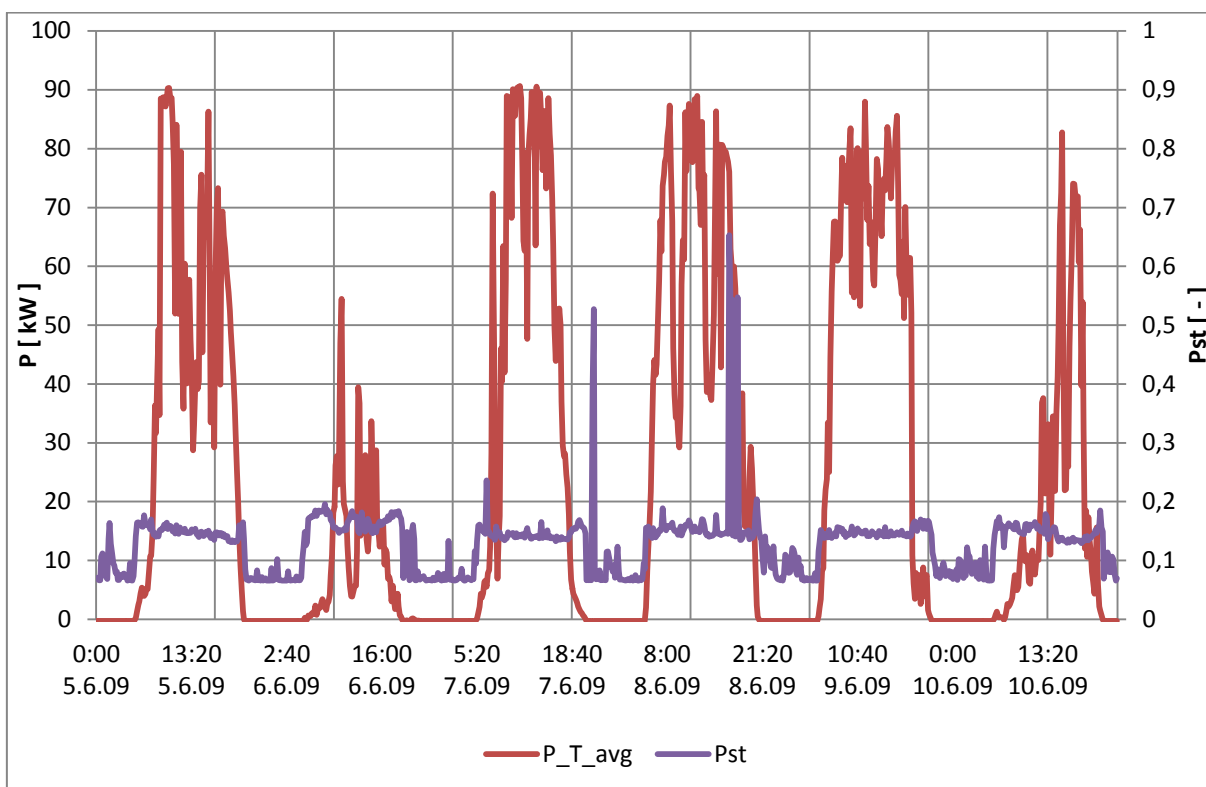
Soubor menšího či většího počtu solárních panelů, střídače či střídačů, podpůrných a jistících prvků. Nutností a také samozřejmostí jsou konstrukční prvky a kabeláž. Elektrárny se liší především svým výkonem, jinak se z velké části jedná o stejný princip. Energie vyrobená dopadem slunce na fotovoltaické panely se přemění ve střídačích na střídavé veličiny a poté je předána do domácí či rozvodné elektrické sítě o kmitočtu 50 Hz.

4.2.1. Radkovy

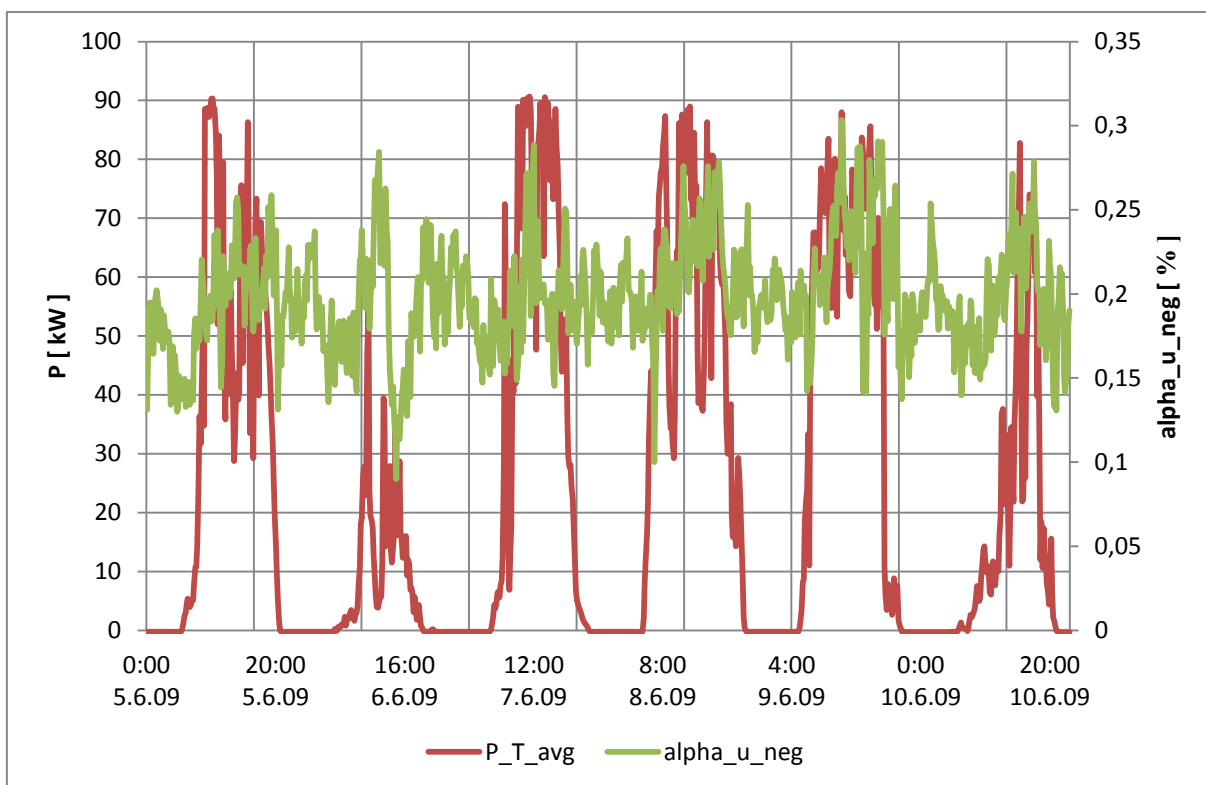
Elektrárna se nachází na rozloze necelých 2 hektarů mezi obcemi Radkovy a Dřevohostice. Fotovoltaické panely solární elektrárny za rok vyrobí až 236 MWh. Elektrárna se skládá z 24 otočných stojanů a každý z nich nese 26 fotovoltaických panelů. Stojany s panely se během dne naklápějí podle dráhy slunce po obloze tak, aby byl zajištěn maximální osvit.



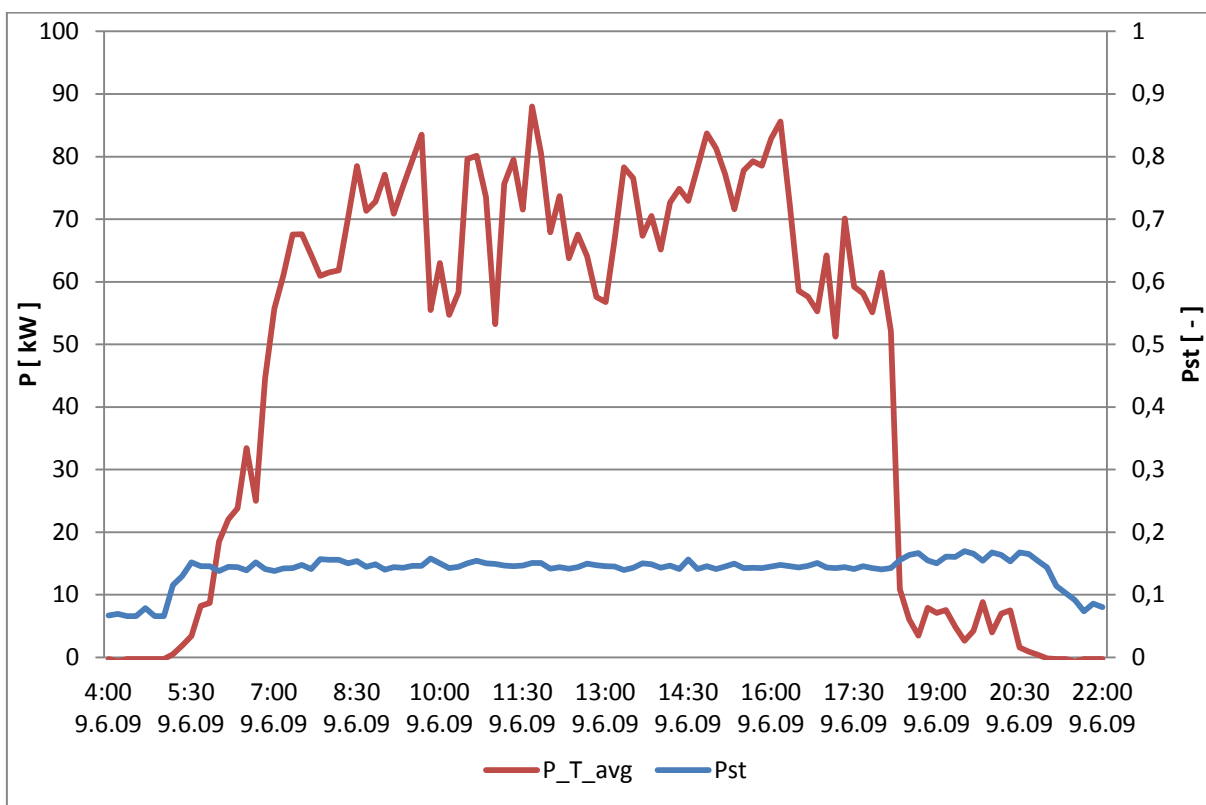
Obr. 15 Závislost napětí a výkonu v čase – Radkovy



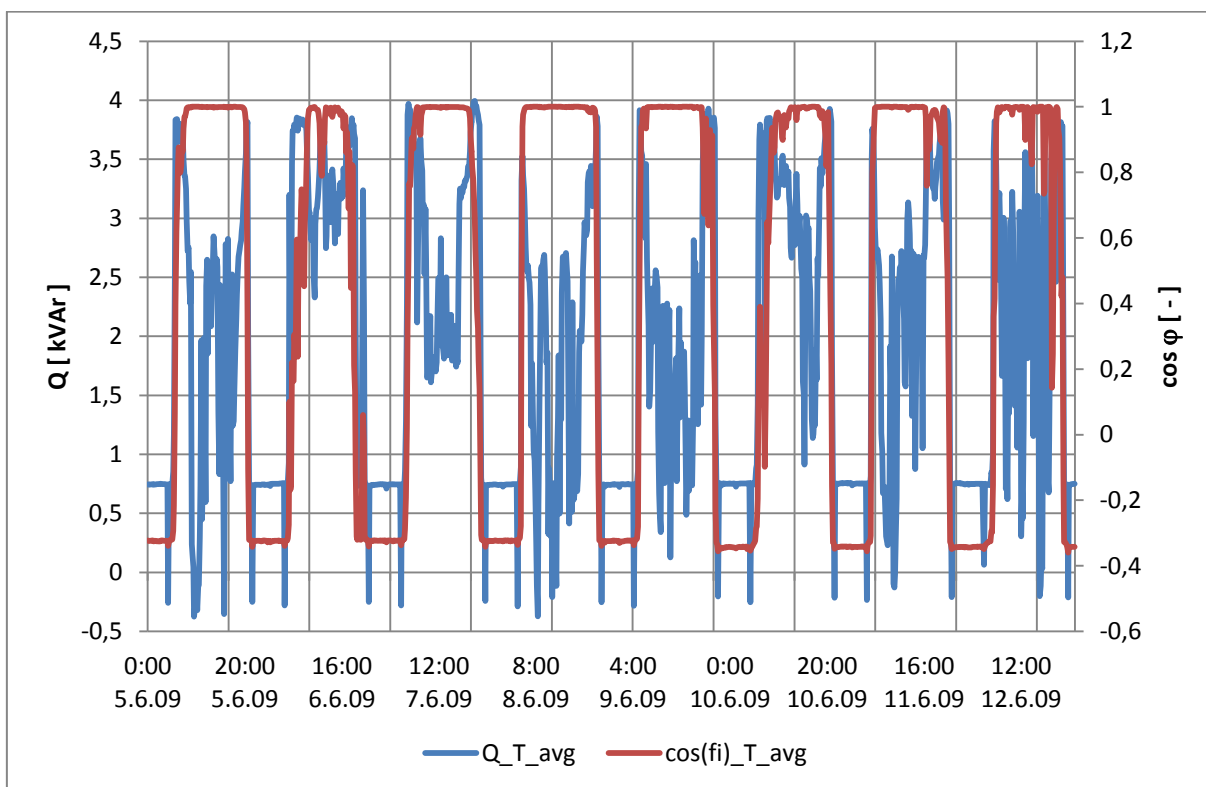
Obr. 16 Vliv výkonu na flickr v čase – Radkovy



Obr. 17 Vliv výkonu na nesymetrie v čase – Radkovy



Obr. 18 Detail jednoho dne výkonu na flickr – Radkovy



Obr. 19 Závislost jalového výkonu na účíník- Radkovy

Z Obr. 15 je jasné vidět, jak napětí nekoresponduje s výkonem. Při pohledu na následující Obr. 16 je možno sledovat jak flickr roste a stabilizuje se podle toho, jak činný a jalový výkon roste. V Tab. 12 je možno vyčíst průměrnou hodnotu flickru za celou dobu měření při nulovém výkonu a při nenulovém výkonu, jak hodnota při nenulovém výkonu je skoro o 100% vyšší.

Tab. 12 Hodnota flickru při $P \leq 0$ a $P > 0$ – Radkovy

flickr s $P \leq 0$	flickr s $P > 0$
0,084	0,156

V určité hodnotě se flickr stabilizuje a zůstává na téměř konstantní hodnotě, jak dokládá Obr. 18 a statistiky v Tab. 13, kdy směrodatná odchylka nad 50 kW je mnohonásobně menší než u výkonu pod 50 kW.

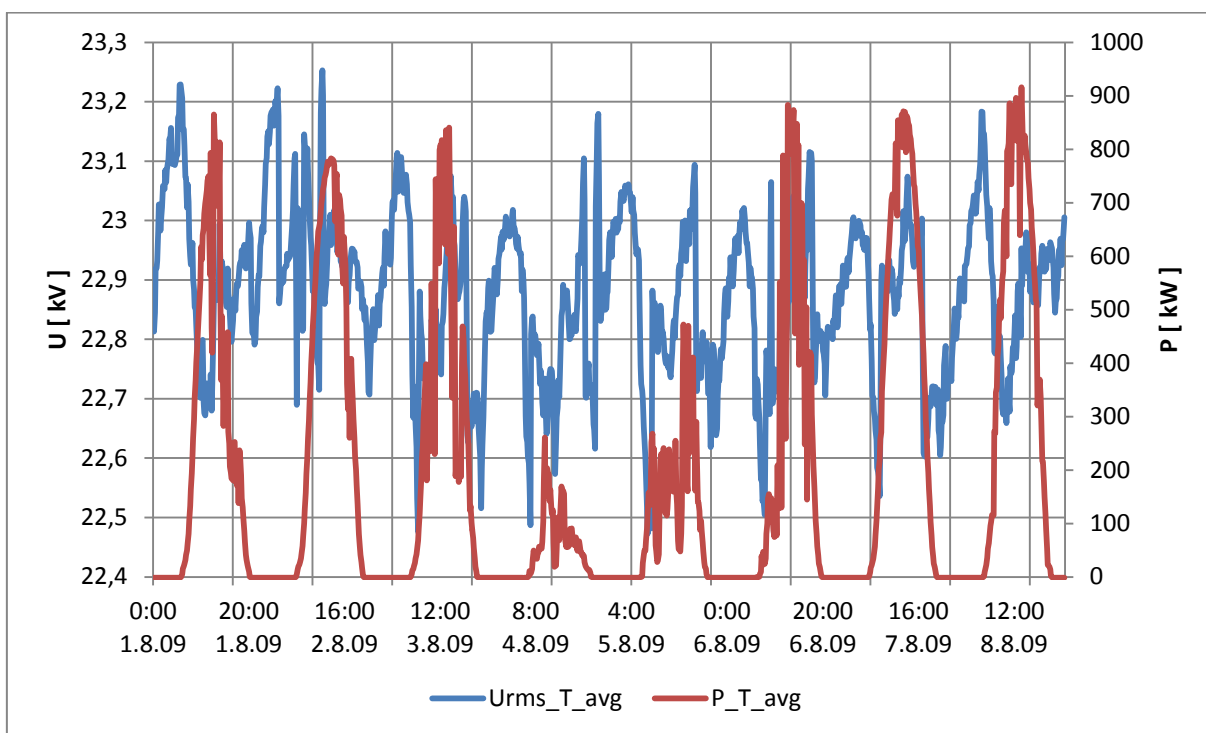
Tab. 13 Teorie statistiky flickru jednoho dne – Radkovy

	Flickr pod 50 kW	Flickr nad 50 kW
Minimum	0,066	0,138
Maximum	0,170	0,158
Průměr	0,129	0,146
Směrodatná odchylka	0,037	0,005
Rozptyl	0,001	$2,1 \cdot 10^{-5}$
Medián	0,145	0,145

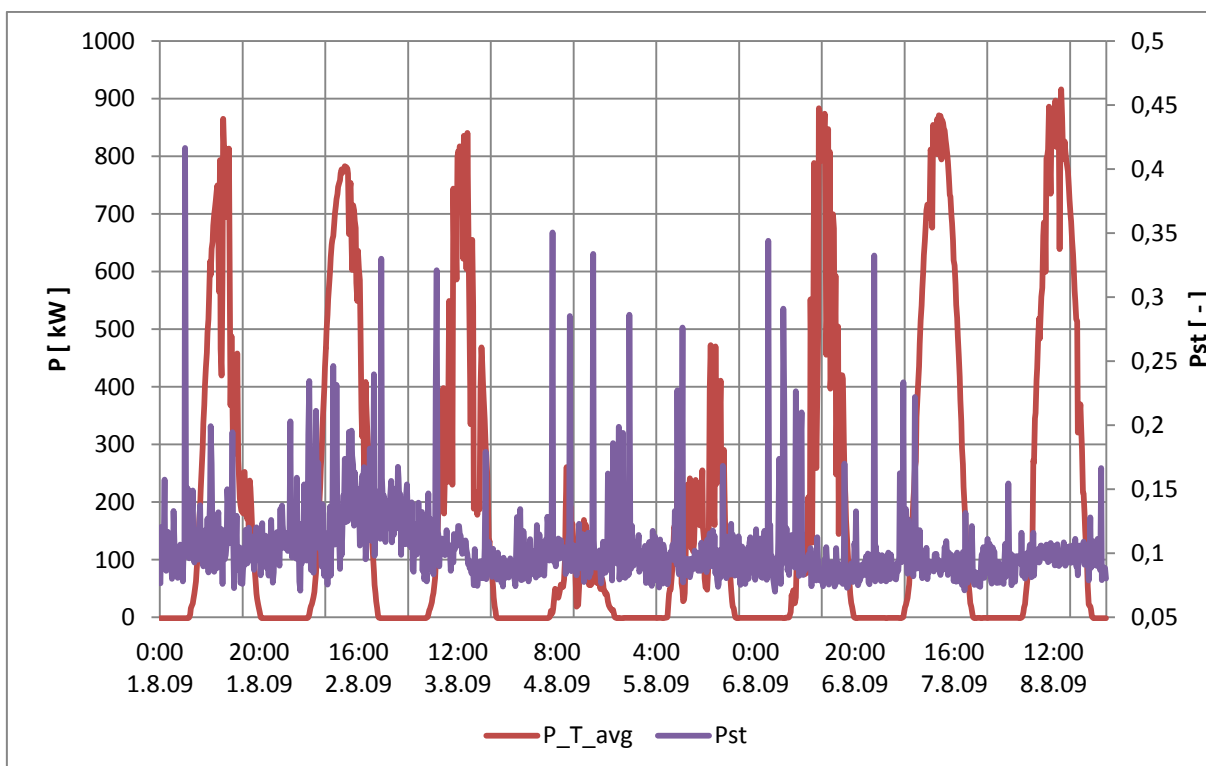
Při nájezdu FVE je nárůst flickru zřejmě způsoben kompenzačním zařízením a charakterem odběru v místě FVE. Tato teorie je doložena na Obr. 19, kde je naznačen průběh jalového výkonu a účinníku, kdy právě účinník při nájezdu FVE má velmi špatnou hodnotu (cca 0,4) a jalový výkon kolísá mezi kladnými a zápornými hodnotami.

4.2.2. Strojnická Lhota

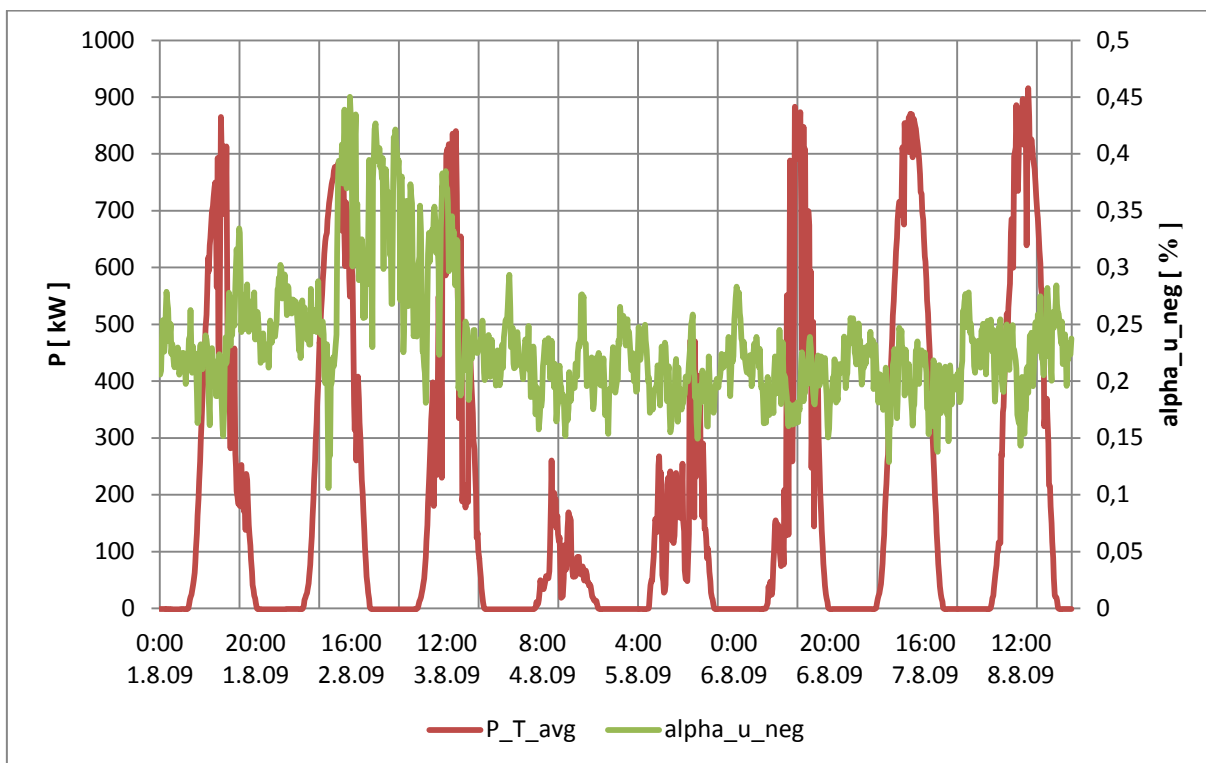
Elektrárna je umístěna na pozemku o velikosti více než 2 hektary a jsou v ní využity fotovoltaické panely z produkce společnosti FitCraft Production a.s. Provoz elektrárny je odhadován na 30 let. Odhadovaná výroba elektrické energie za rok činí 1 050 MWh. Jsou instalovány panely FCP 270 v počtu 5 304 ks.



Obr. 20 Závislost napětí a výkonu v čase – Strojnická Lhota

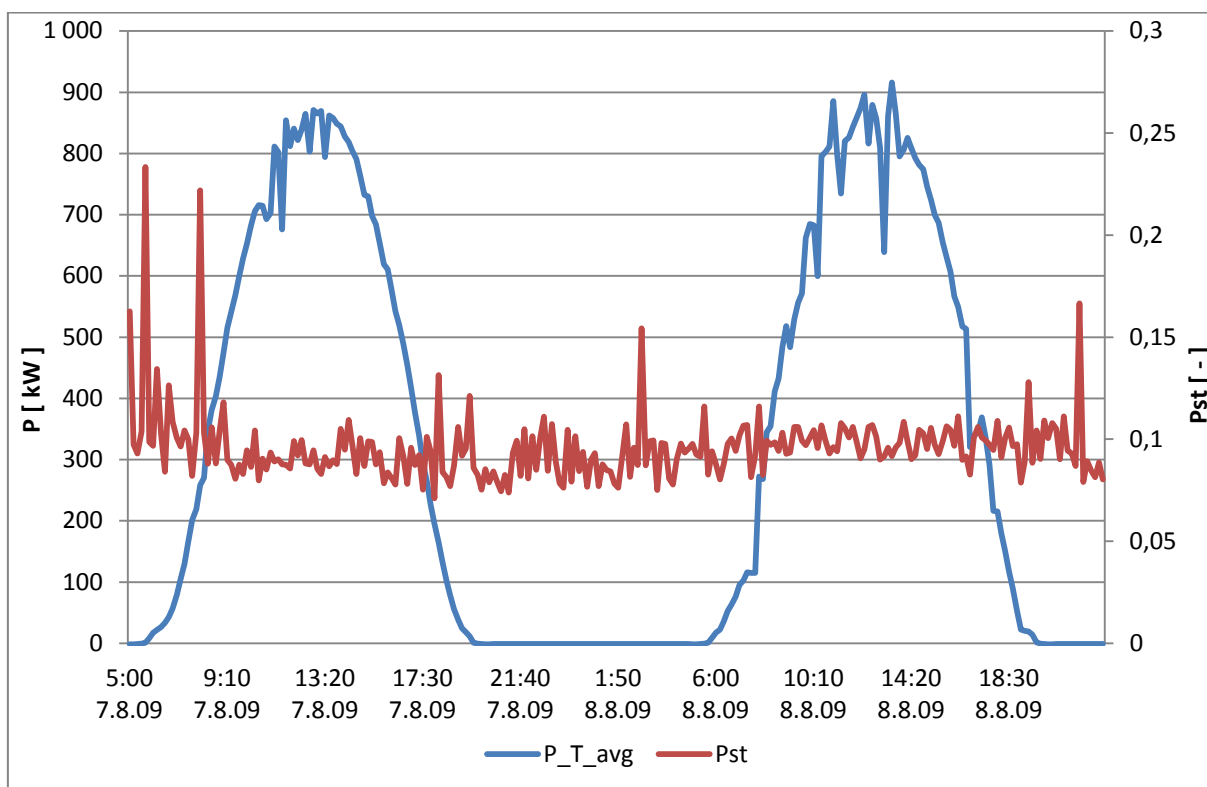


Obr. 21 Vliv výkonu na flikr v čase – Strojnická Lhota



Obr. 22 Vliv výkonu na nesymetrii v čase – Strojnická Lhota

Z Obr. 20 vyplývá, že změny napětí nejsou shodné s průběhem výkonu. Z Obr. 21 je možno sledovat jak hodnoty flikru se nám podstatně zvyšují při malém výkonu a naopak při vyšších výkonech se flikr stabilizuje. Z vizuálního srovnání u Obr. 22 můžeme pozorovat, že výkon nevyvolává žádné změny nesymetrie.

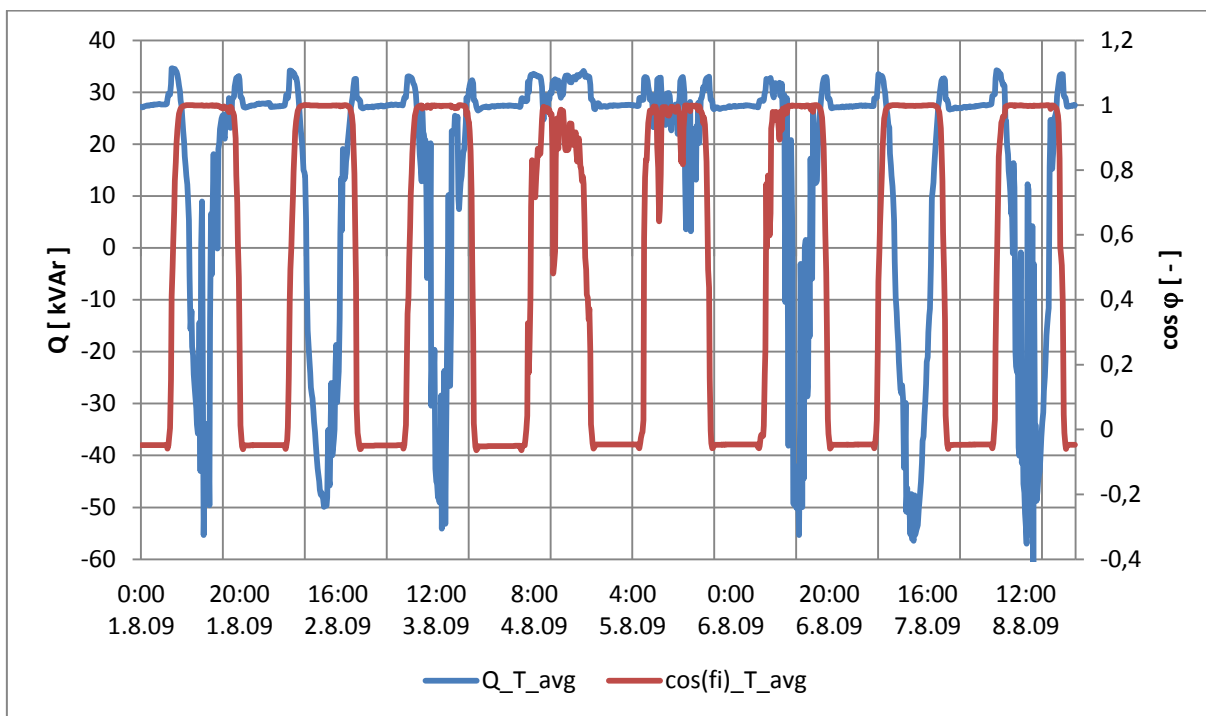


Obr. 23 Detail dvou dnů výkonu na flickr – Strojnická Lhota

Na Obr. 23 je zaznamenán detail dvou dnů a v Tab. 14 kde je možno sledovat vyšší hodnoty flickru při hodnotách výkonu pod 300 kW.

Tab. 14 Teorie statistiky flickru dvou dnů – Strojnická Lhota

	Flickr pod 300kW	Flickr nad 300kW
Minimum	0,071	0,075
Maximum	0,233	0,118
Průměr	0,097	0,095
Směrodatná odchylka	0,022	0,008
Rozptyl	$5 \cdot 10^{-4}$	$7 \cdot 10^{-5}$
Medián	0,094	0,094



Obr. 24 Závislost jalového výkonu na účíník- Strojnická Lhota

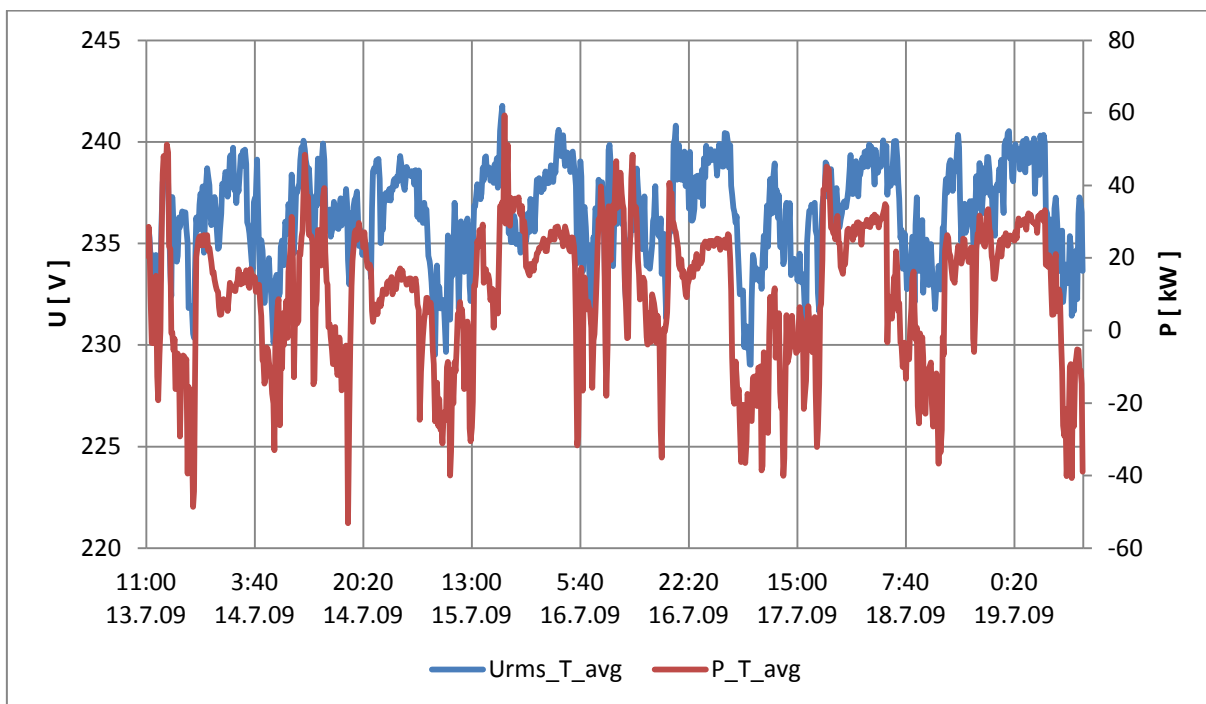
Jalový výkon u FVE je dle Obr. 24 při nájezdu elektrárny je vysoký. Tato hodnota klesá až při najetí elektrárny na určitý výkon. Účíník je vysoký ve slunečných dnech, ale například ve dnech 4.8.2009 a 5.8.2009 je zřejmé, že v těchto dnech bylo velmi málo slunečního záření, byl velmi malý účíník a velký jalový výkon. Tato veličina negativně ovlivňuje síť, do které elektrárna dodává elektrickou energii.

4.3. Kogenerační jednotka

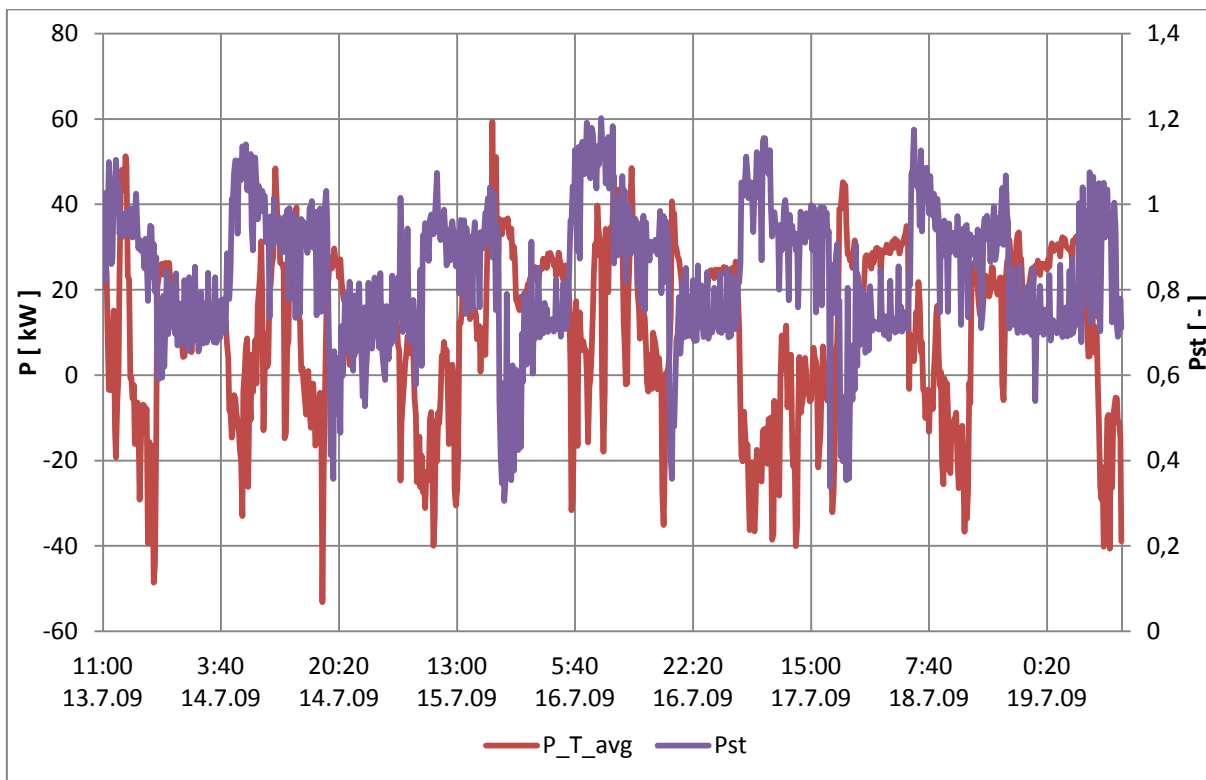
Kombinovaná výroba tepla a elektrické energie je účinným způsobem využívání energie. Principem kogenerace je využít teplo, které jinak při výrobě elektřiny odchází bez užitku.

4.3.1. Jablunkov

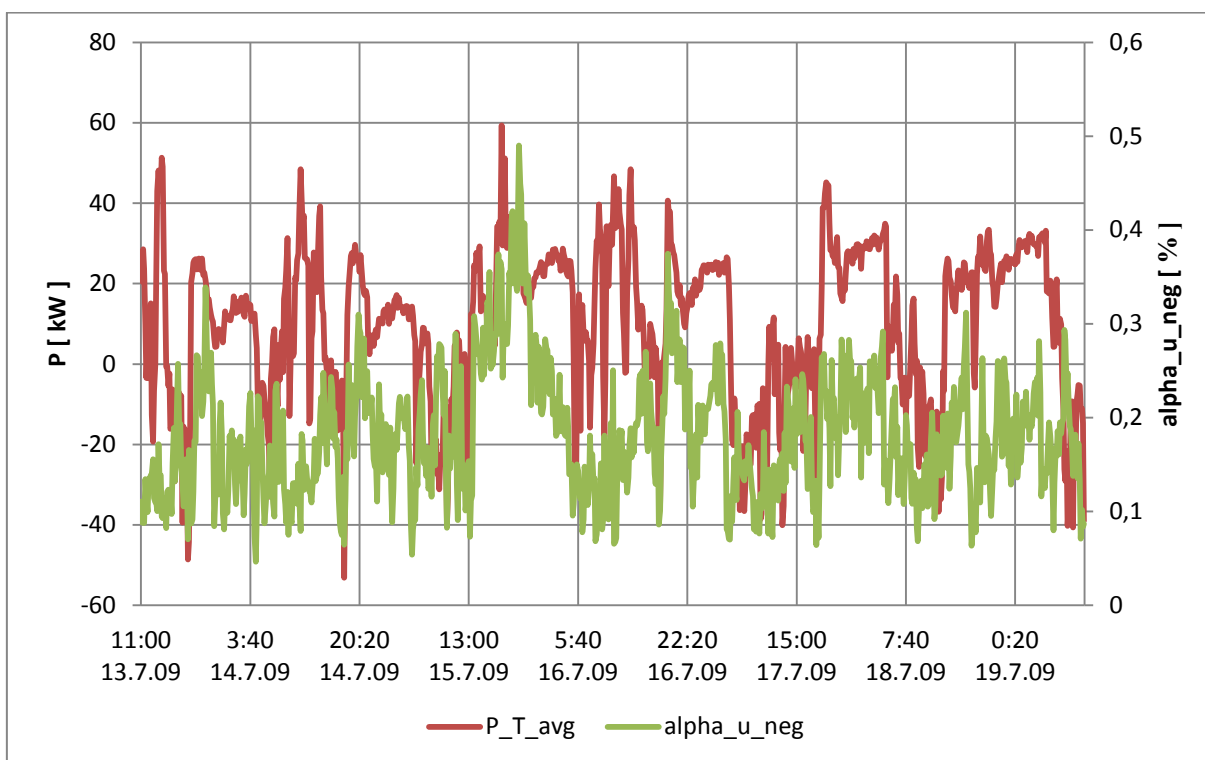
Elektrárna je provozována v kotelně Sanatoria Jablunkov kde jsou instalovány 2 plynové kogenerační jednotky TBG 140 s celkovým elektrickým výkonem 280 kW, který je využíván převážně pro vlastní potřebu a částečnou dodávku do sítě NN.



Obr. 25 Vliv výkonu na napětí v čase – Jablunkov



Obr. 26 Vliv výkonu na flickr v čase - Jablunkov



Obr. 27 Vliv výkonu na nesymetrii – Jablunkov

Z Obr. 25 je možno sledovat, jak napětí a výkon jsou na sobě závislé. Při jakémkoli poklesu či nárůstu výkonu napětí reaguje stejně jako inkriminovaný výkon. Také lze vyčíst, že jednotka dodává výkon pro vlastní účel sanatoria a při nedostatku energie odebírá z veřejné sítě. Proto výkon kolísá do záporných hodnot. U Obr. 26 je možno vidět, jak krátkodobý flickr překračuje stanovenou povolenou hodnotu podle Tab. 3, kdy průměrná změřená hodnota je $P_{st} = 0,841$. Z Obr. 27 je možno usoudit, jak nesymetrie má nízké hodnoty, kdy průměrná hodnota $\alpha U = 0,181 \%$ a medián je $\alpha U = 0,171 \%$.

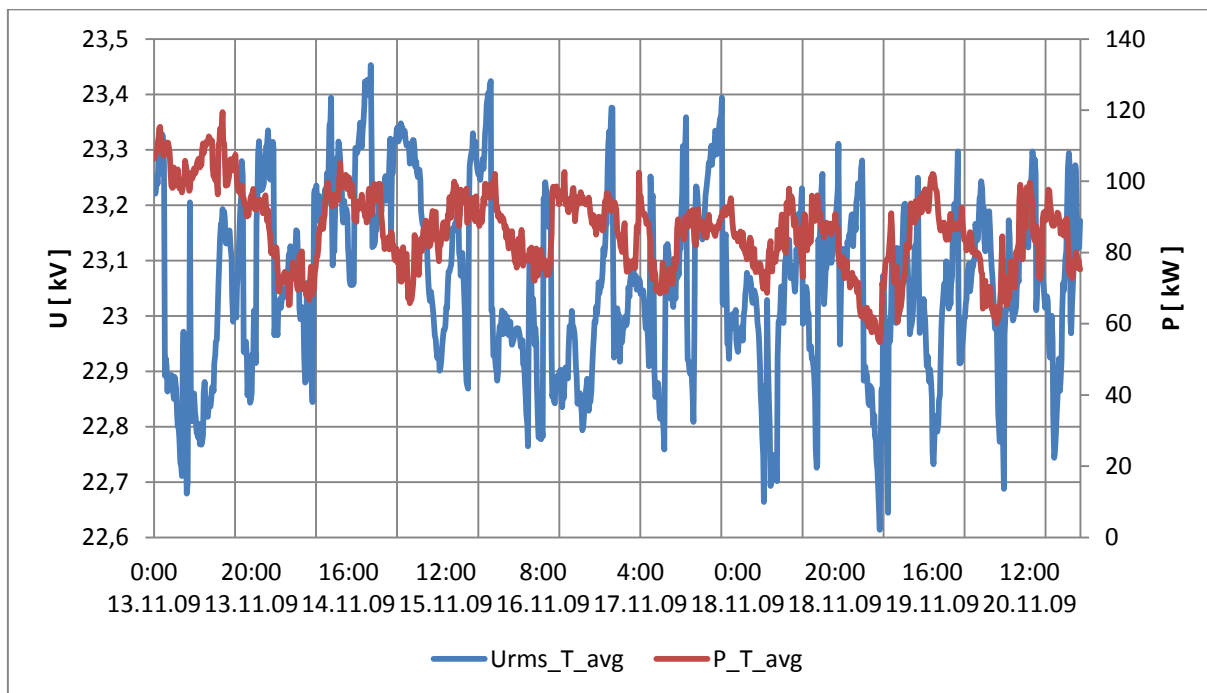
Byly vybrány úseky, při kterých výkon dosahoval kladných a záporných hodnot. Kladný úsek 13.7.2009 18:40 – 14.7.2009 4:30. Záporný úsek 13.7.2009 14:50 – 18:30.

Tab. 15 Statistické údaje kladného a záporného výkonu na flickr a nesymetrii - Jablunkov

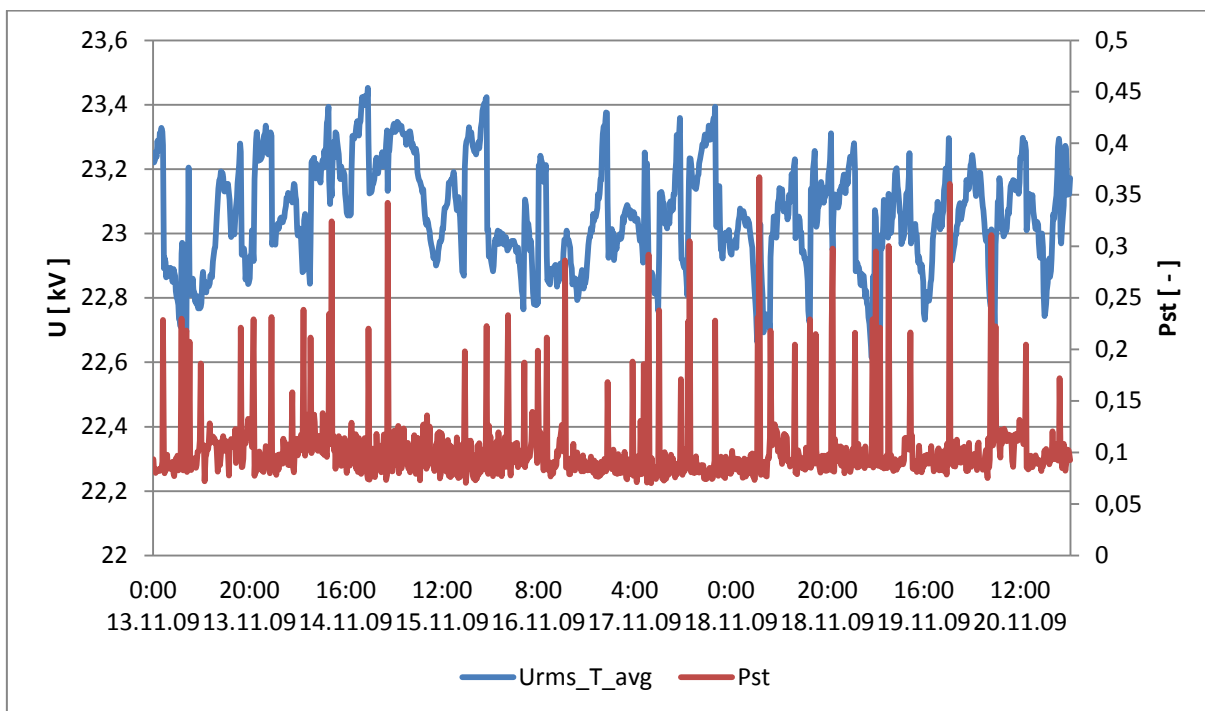
	Flickr při kladném výkonu	Flickr při záporném výkonu	Nesymetrie při kladném výkonu	Nesymetrie při záporném výkonu
Minimum	0,590	0,774	0,046	0,070
Maximum	0,885	1,025	0,339	0,257
Průměr	0,726	0,909	0,168	0,142
Směrodatná odchylka	0,066	0,058	0,062	0,043
Rozptyl	0,004	0,003	0,004	0,002
Medián	0,712	0,913	0,173	0,132

Tab. 15 znázorňuje, že při kladných hodnotách výkonu, což je při dodávce do distribuční sítě, dosahujeme lepších kritérií sledovaných veličin. Při pohledu na časový horizont, kdy byl naměřen záporný výkon, je jednoznačné, že byla potřeba většího výkonu, zřejmě na rehabilitační nebo jiné zařízení pro provoz ústavu. Naproti tomu kladný výkon je v čase, kdy je předpoklad menší spotřeby.

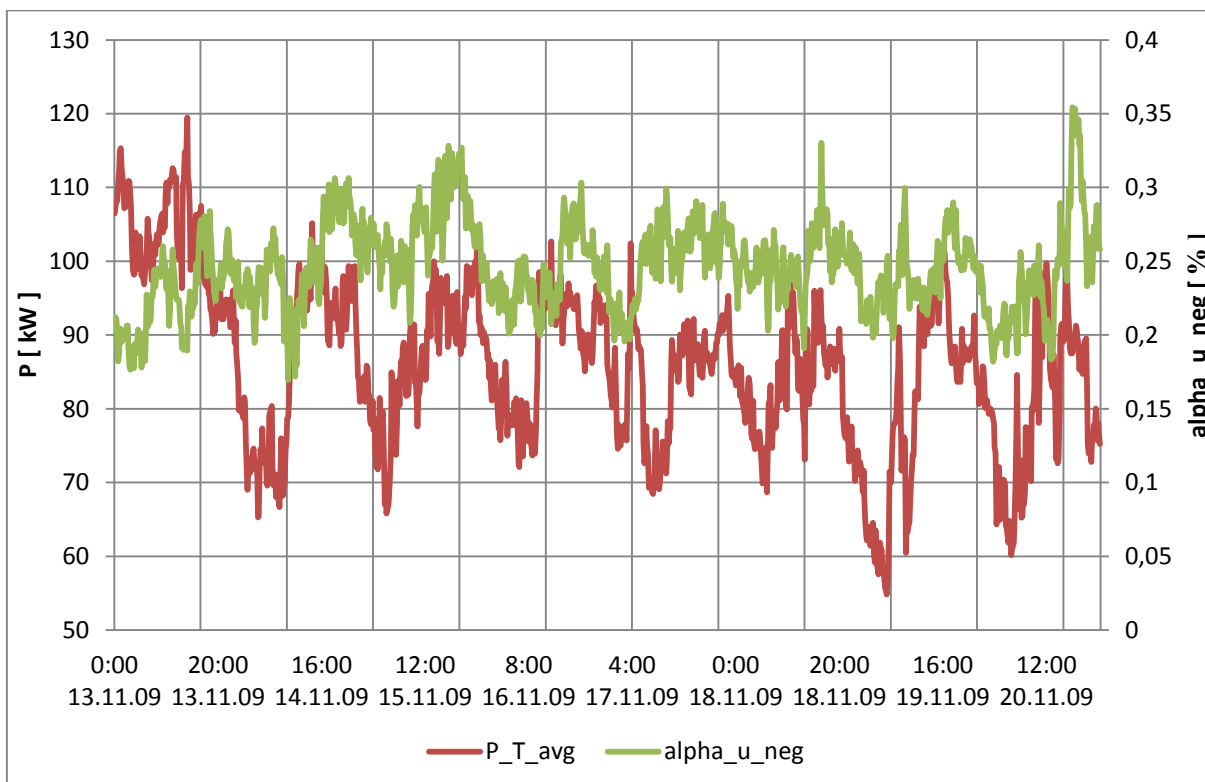
4.3.2. Šenov u NJ



Obr. 28 Vliv výkonu na napětí v čase – Šenov u NJ



Obr. 29 Vliv napětí na flíkr v čase – Šenov u NJ



Obr. 30 Vliv výkonu na nesymetrii – Šenov u NJ

Obr. 28 je možno náhledem pozorovat, jak napětí je ovlivněno stranou VN. S výkonem se napětí neshoduje. Na Obr. 29 je zřejmý vliv napětí na flikr. U špiček napětí korespondují špičky krátkodobého flikru, ale veškeré hodnoty dodržují hranici dle normy ČSN EN 50 160 ed. 3. Obr. 30 ukazuje, jak nesymetrie není ve většině případů ve shodě s výkonem.

Byly vybrány úseky, při kterých výkon měl klesající a stoupající tendenci. Klesající úsek 18.11.2009 20:00 – 19.11.2009 6: 10. Rostoucí úsek 14.11.2009 7:10 – 15.11.2009 2:30.

Tab. 16 Statistické údaje vzrůstajícího a klesajícího výkonu na flikr a nesymetrii – Šenov u NJ

	Flikr s klesajícím výkonem	Flikr s rostoucím výkonem	Nesymetrie s klesajícím výkonem	Nesymetrie s rostoucím výkonem
Minimum	0,080	0,073	0,198	0,170
Maximum	0,298	0,342	0,276	0,306
Průměr	0,108	0,110	0,234	0,254
Směrodatná odchylka	0,047	0,040	0,020	0,032
Rozptyl	0,002	0,002	0,000	0,001
Medián	0,094	0,102	0,234	0,260

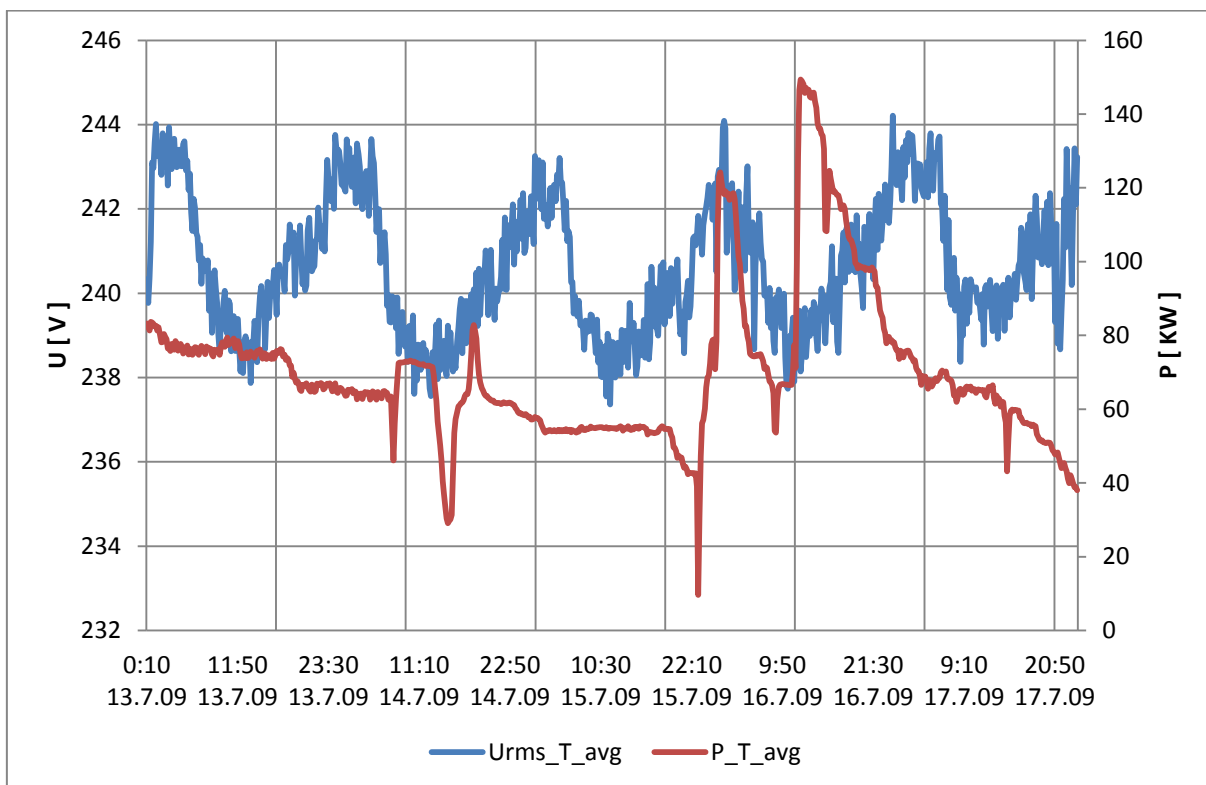
Tab. 16 určuje, že klesající hodnoty výkonu dosahují lepších hodnot flikru a nesymetrie. V tabulce pozorujeme bezvýznamné změny. Toto může být způsobeno blízkostí transformátoru.

4.4. Malá vodní elektrárna

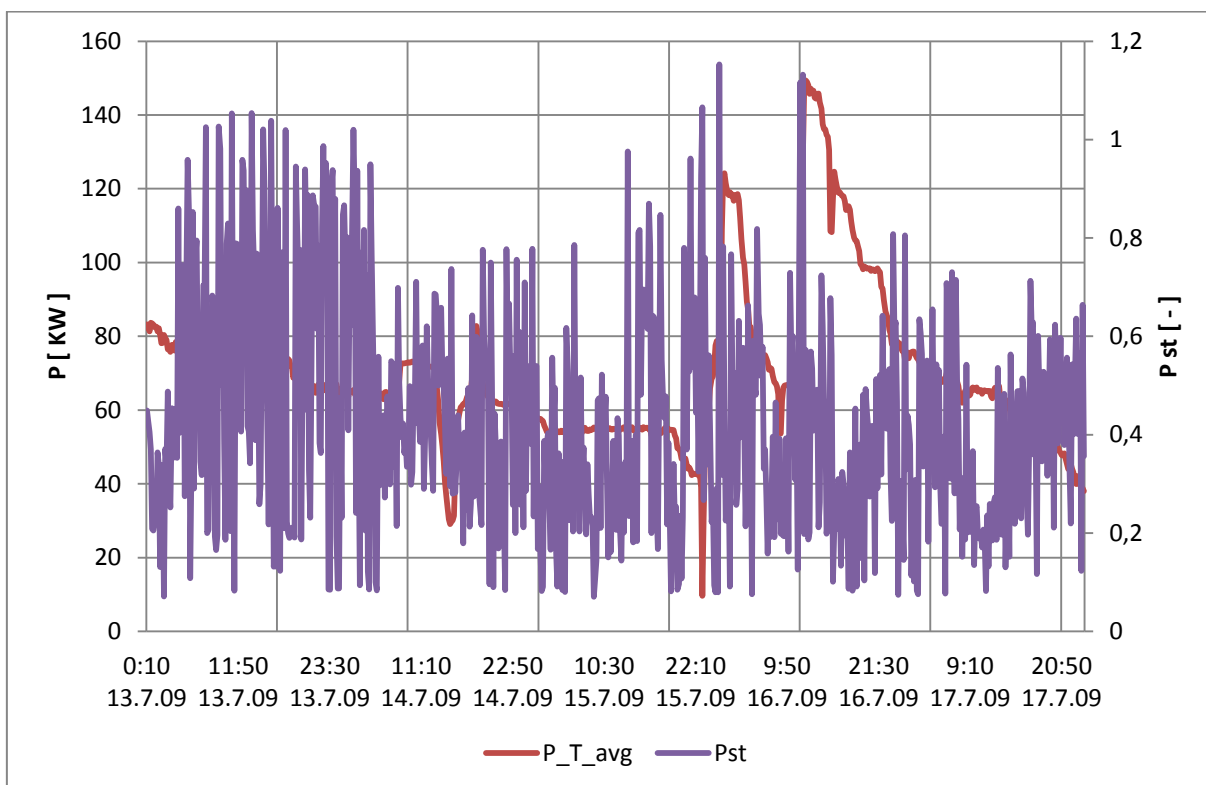
Z energetického hlediska je výhodné, že MVE jsou rozptýleny po celé republice, takže jejich dodávky není nutno přenášet daleko, za cenu ztrát v rozvodech. Případný výpadek některé z nich je z hlediska sítě nevýznamný na rozdíl od výpadku velkého centrálního zdroje.

4.4.1. Chotěbuz

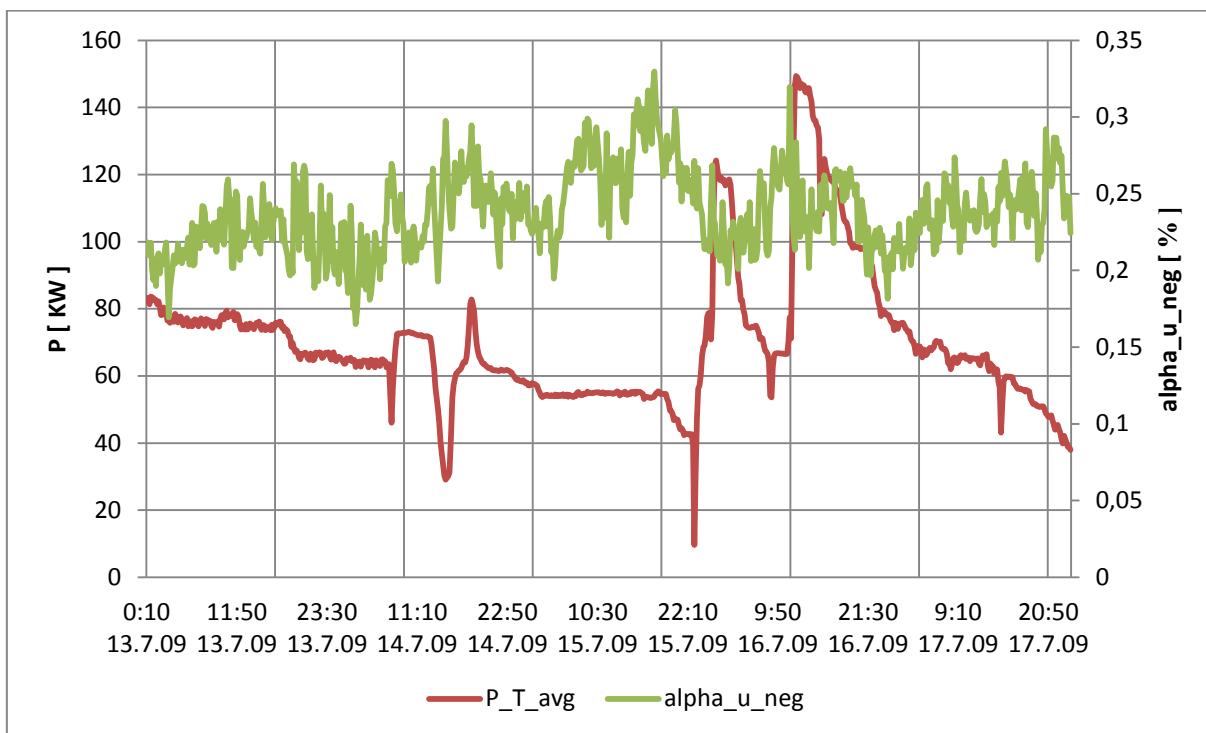
MVE je umístěna v areálu bývalé slévárny na břehu řeky Olše. Nachází se zde typ turbíny 3x ZR 85-3L - 4.5M, kde jeho výkon dosahuje 3x 90kW. Pro řízení a komunikaci je použit řídicí systém Unitronics V280. Komunikace s obsluhou je zajištěna pomocí grafického operátorského panelu, SMS zpráv a internetového připojení. Obsluha má možnost pomocí sítě internet zobrazit na PC displej, který je stejný jako na rozvaděči MVE. [7]



Obr. 31 Vliv napětí na výkon v čase – Chotěbuz



Obr. 32 Vliv výkonu na flickr v čase – Chotěbuz



Obr. 33 Vliv výkonu na nesymetrii v čase – Chotěbuz

Z uvedených Obr. 31, Obr. 32 a Obr. 33 je možno si povšimnout, jak malá vodní elektrárna neovlivňuje síť, protože rozhodující napětí je na VN straně a zkratový výkon sítě je mnohonásobně vyšší než zkratový výkon elektrárny.

Byly vybrány dva úseky, při kterých je výkon ustálený a neustálený. První ustálený úsek od 13.7.2009 0:10 – 14.7.2009 6:40. Druhý neustálený úsek 5.7.2009 22:40 – 6.7.2009 20:50.

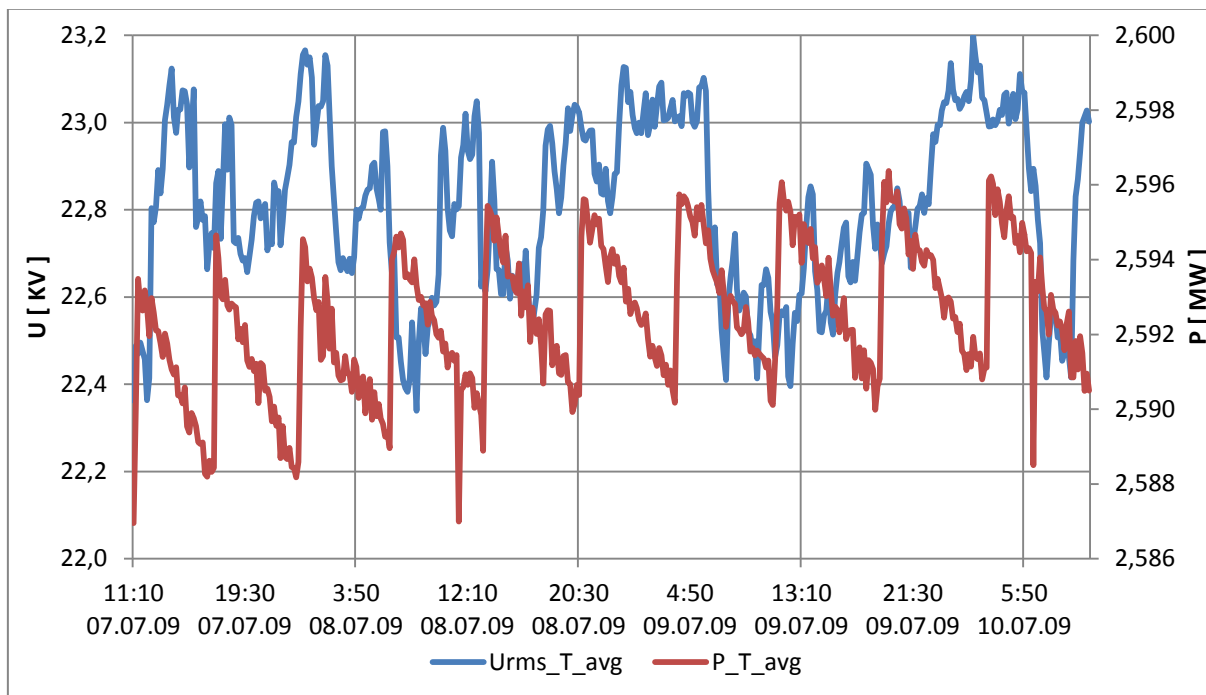
Tab. 17 Statistické údaje dvou vybraných úseků - Chotěbuz

	Fliker		Nesymetrie	
	Ustálený výkon	Neustálený výkon	Ustálený výkon	Neustálený výkon
Minimum	0,071	0,076	0,165	0,192
Maximum	1,054	1,153	0,269	0,320
Průměr	0,528	0,392	0,218	0,239
Směrodatná odchylka	0,286	0,221	0,019	0,022
Rozptyl	0,082	0,049	$3,7 \cdot 10^{-4}$	$4,7 \cdot 10^{-4}$
Medián	0,466	0,355	0,217	0,679

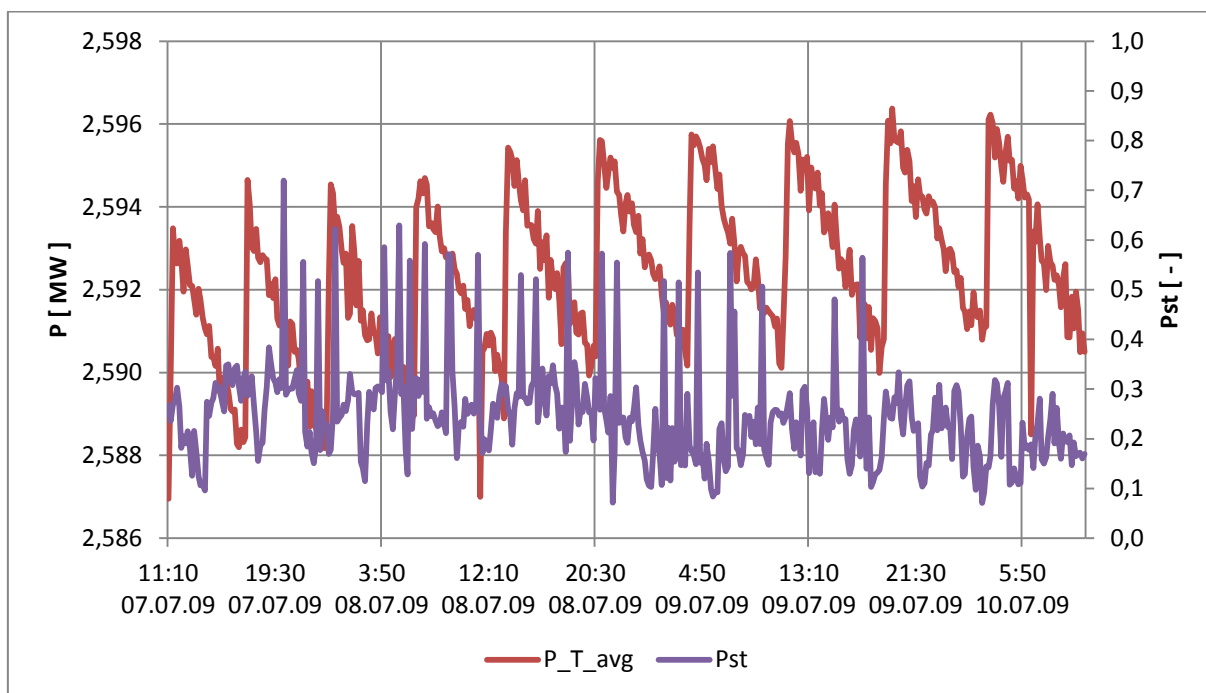
Při sledování krátkodobého flickru bylo dosaženo lepších hodnot u neustáleného výkonu. U druhé sledované veličiny nesymetrie je tomu naopak, jak můžeme vidět z Tab. 17.

4.4.2. Slezská Harta

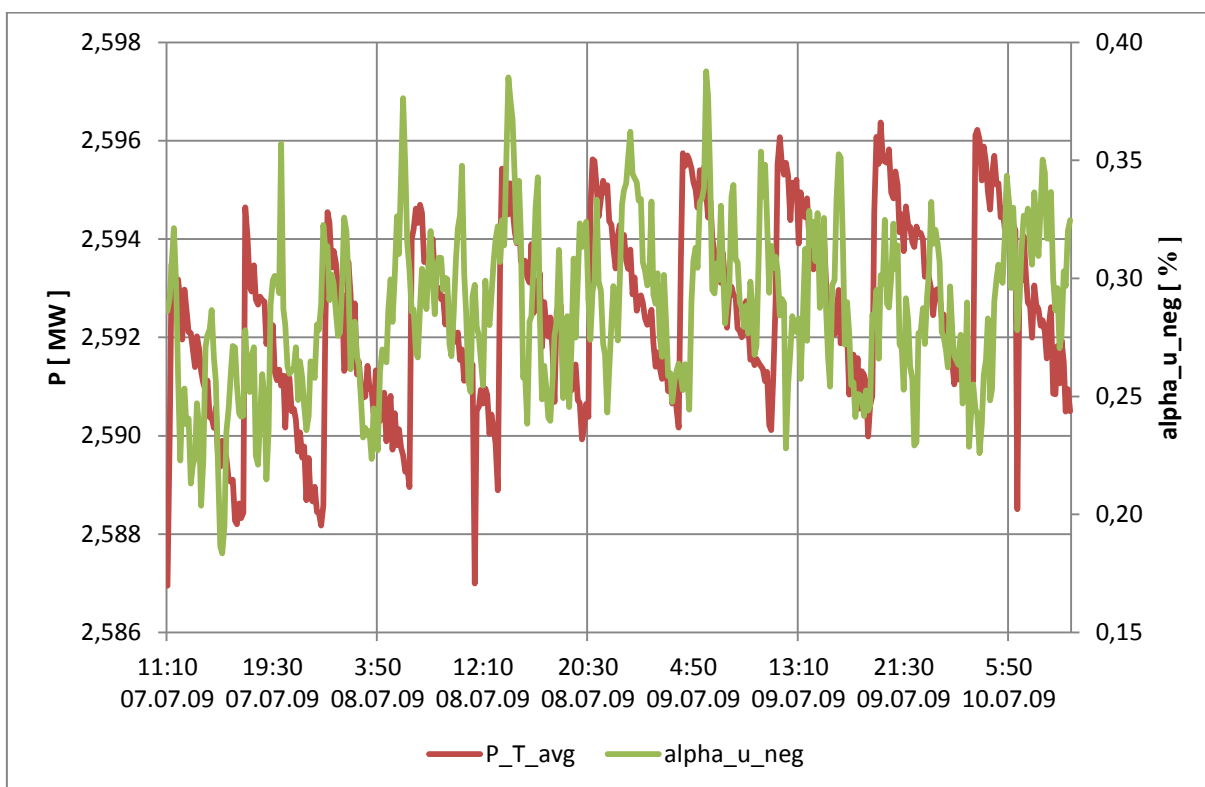
Vlevo pod hrází je budova vodní elektrárny, vybavená dvěma Francisovými turbínami o výkonu 0,39 a 2,75 MW.



Obr. 34 Vliv napětí na výkon v čase – Slezská Harta



Obr. 35 Vliv výkonu na flickr – Slezská Harta



Obr. 36 Vliv výkonu na nesymetrii – Slezská Harta

Elektrárna Slezská Harta z Obr. 34, Obr. 35 a Obr. 36 neodpovídá předpokládané skutečnosti. Velký vliv na tuto skutečnost má, že elektrárna o výkonu 2 MW je zaústěna do rozvodny Břidličná, která je na napěťové hladině 110 kV. Z pohledu zkoumaných stanic má tato elektrárna velký výkon, ale je zaústěna do rozvodny 110kV, kdy zkratový výkon na straně 22kV je 400MVA. Tady výkon elektrárny je nízký pro ovlivnění sítě.

Byla zvolena statistika ze dne 8.7.2009. Z tohoto dne bylo vidět, jak veličiny flikru a nesymetrie u MVE v průběhu dne kolísají.

Tab. 18 Statistické údaje jednoho dne – Slezská Harta

8.7.2009	Flikr [-]	Nesymetrie [%]
Minimum	0,072	0,224
Maximum	0,629	0,385
Průměr	0,286	0,292
Směrodatná odchylka	0,102	0,033
Rozptyl	0,010	0,001
Medián	0,263	0,291

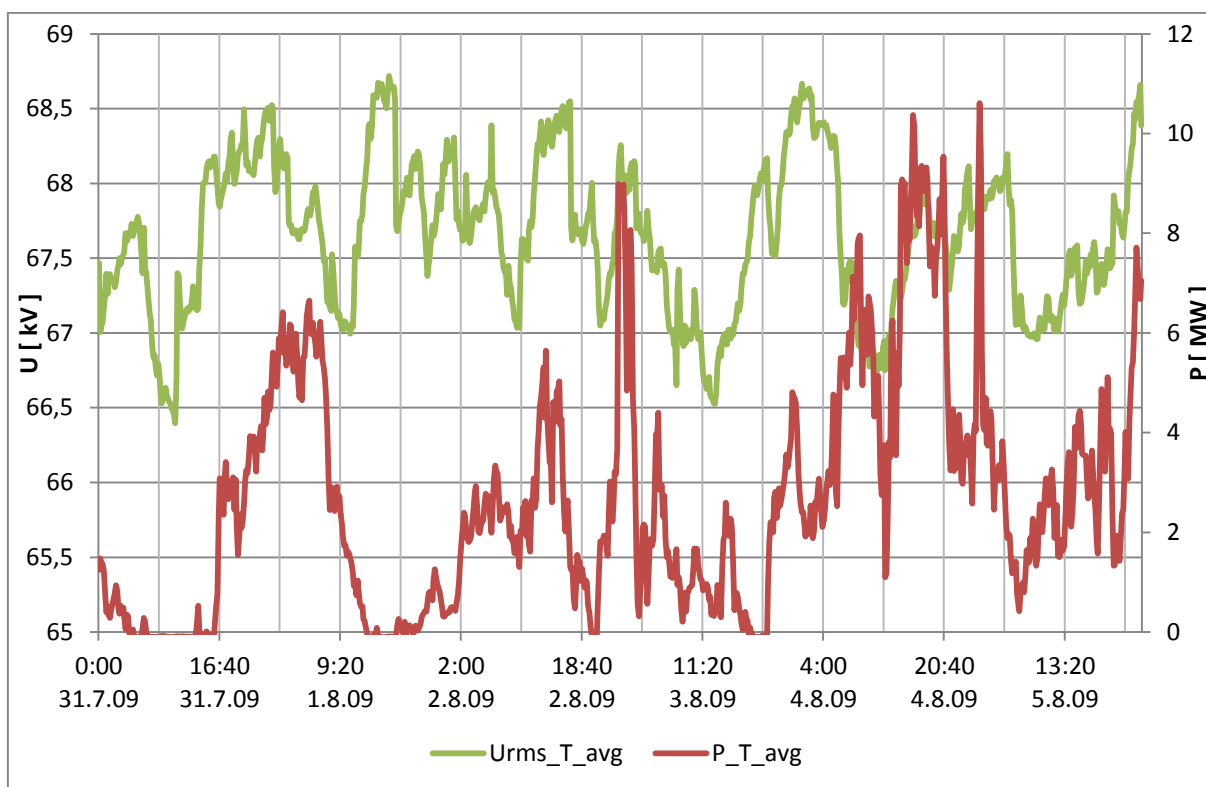
Při pohledu na Tab. 18 je vidět, jak sledované veličiny jsou ustálené a pohybují se v malých intervalech dle statistické veličiny rozptyl. Obě veličiny mají takové hodnoty, že vyhovují normě ČSN EN 50 160 ed. 3.

4.5. Větrné elektrárny

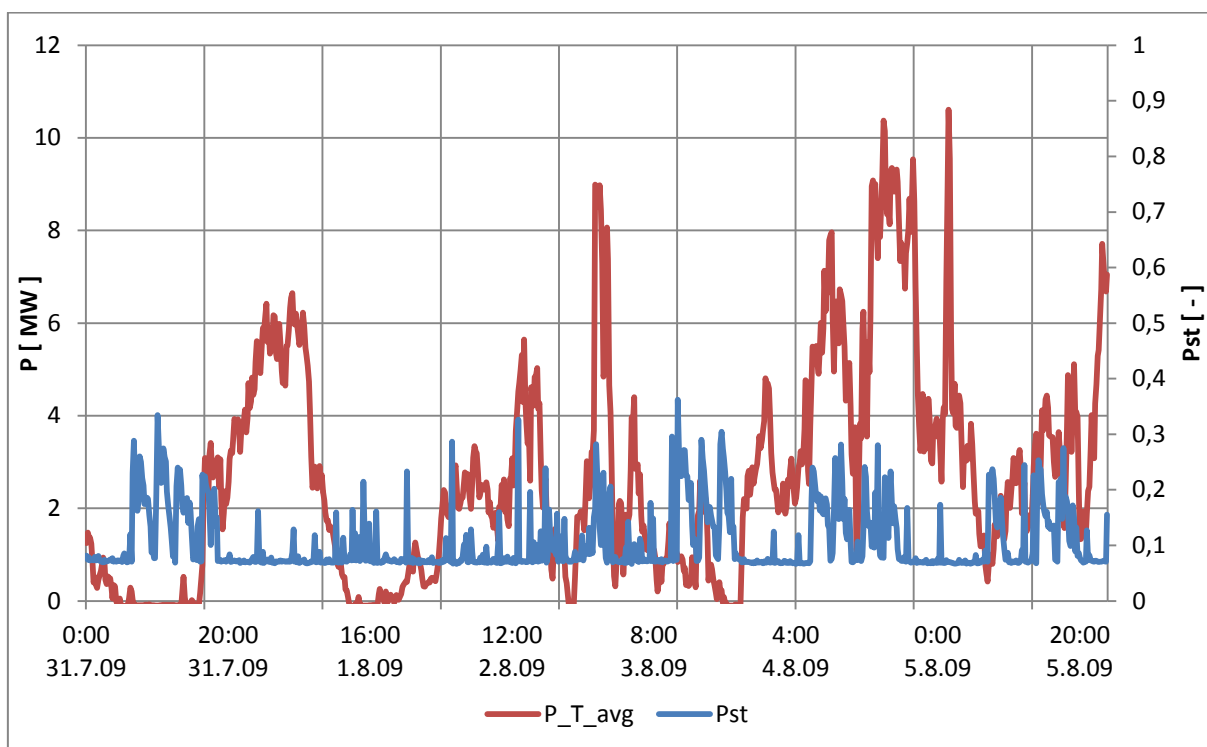
Vítr vzniká v atmosféře na rozdílu atmosférických tlaků jako důsledku nerovnoměrného ohřívání zemského povrchu. Teplý vzduch stoupá vzhůru, na jeho místo se tlačí vzduch studený. Zemská rotace způsobuje stáčení větrných proudů, jejich další ovlivnění způsobují morfologie krajiny, rostlinný pokryv, vodní plochy.

4.5.1. Horní Loděnice

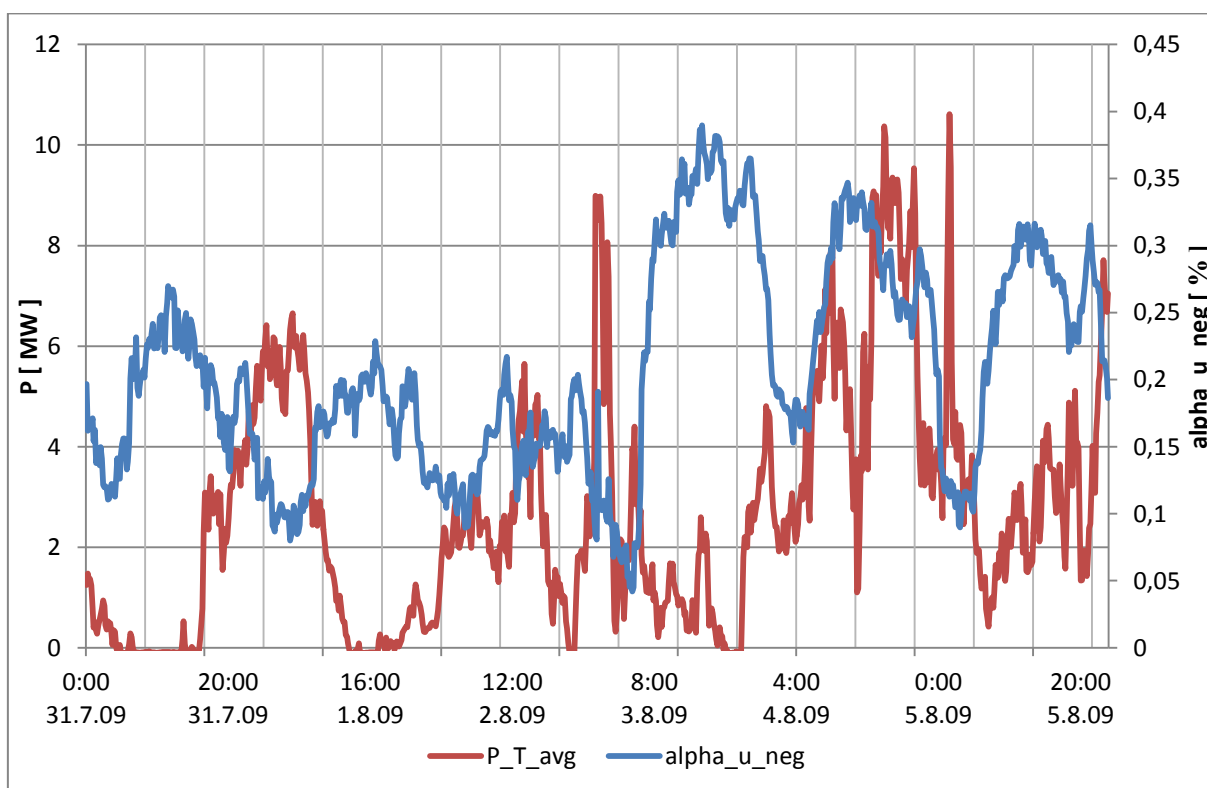
Větrný park patří se svými 9 větrnými elektrárnami v evropském měřítku mezi menší parky. Přesto se ovšem jedná v současnosti o největší zrealizovaný projekt na území Moravy a druhý největší projekt v ČR. Větrné elektrárny jsou v provedení typu Vestas V 90, 9x 2 MW tedy celkový výkon je 18 MW. Výkon je pak podzemním kabelovým vedením o délce 9 km vyveden do nově vybudované rozvodny ve Šternberku, kde se transformuje na 110 kV a předává do distribuční sítě společnosti ČEZ Distribuce a.s. [14]



Obr. 37 Vliv napětí na výkon v čase – Horní Loděnice



Obr. 38 Vliv výkonu na flickr v čase – Horní Loděnice



Obr. 39 Vliv výkonu na nesymetrii v čase – Horní Loděnice

Z Obr. 37 je možno sledovat, jak částečně výkon ovlivňuje napětí v síti, tato skutečnost může být způsobena regulací napětí. Flikr z Obr. 38 ukazuje, jak kopíruje špičky výkonu. Při nájezdu elektrárny na vyšší výkon se flikr stabilizuje. Hodnota krátkodobého flikru má hodnotu 0,1, což je nízká hodnota, u které může docházet k chybě měření.

Patrný vliv je na nesymetrii Obr. 39. Při snížení výkonu nesymetrie roste a naopak.

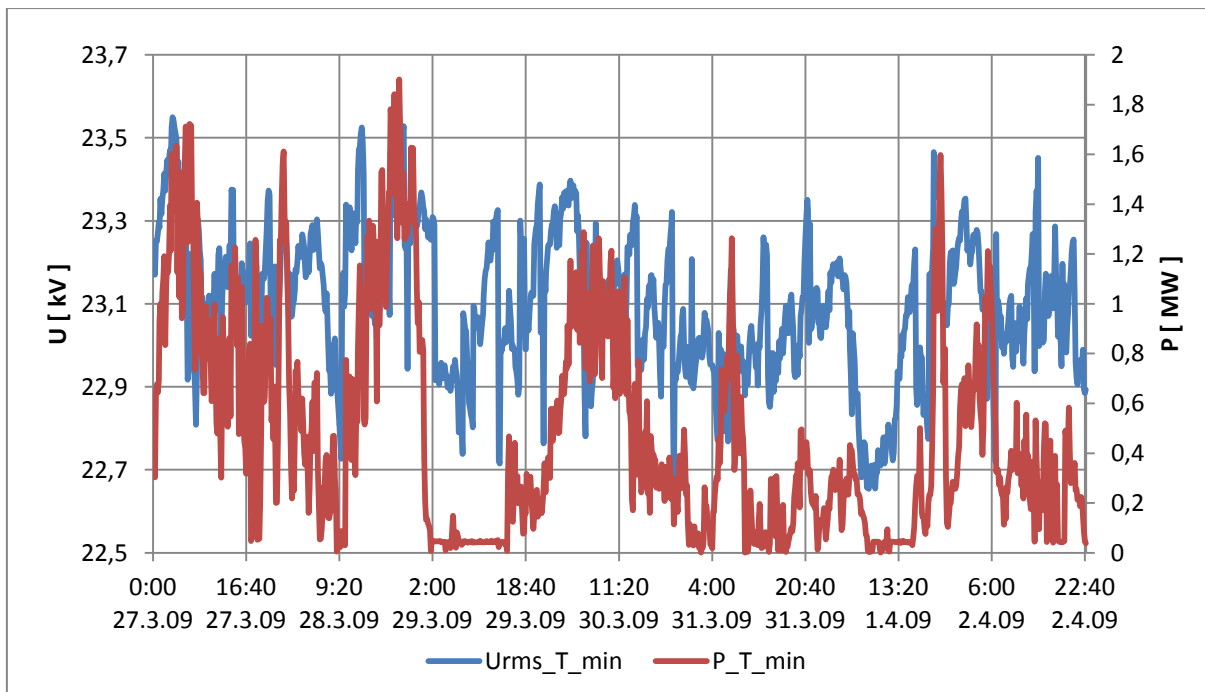
Tab. 19 Statistický údaj závislosti výkonu na nesymetrii – Horní Loděnice

	1. sledovaný úsek Nesymetrie [%]	1. sledovaný úsek Výkon [MW]	2. sledovaný úsek Nesymetrie [%]	2. sledovaný úsek Výkon [MW]
Minimum	0,080	1,545	0,116	0,418
Maximum	0,216	6,651	0,316	4,875
Průměr	0,144	4,254	0,261	2,424
Směrodatná odchylka	0,040	1,399	0,048	1,017

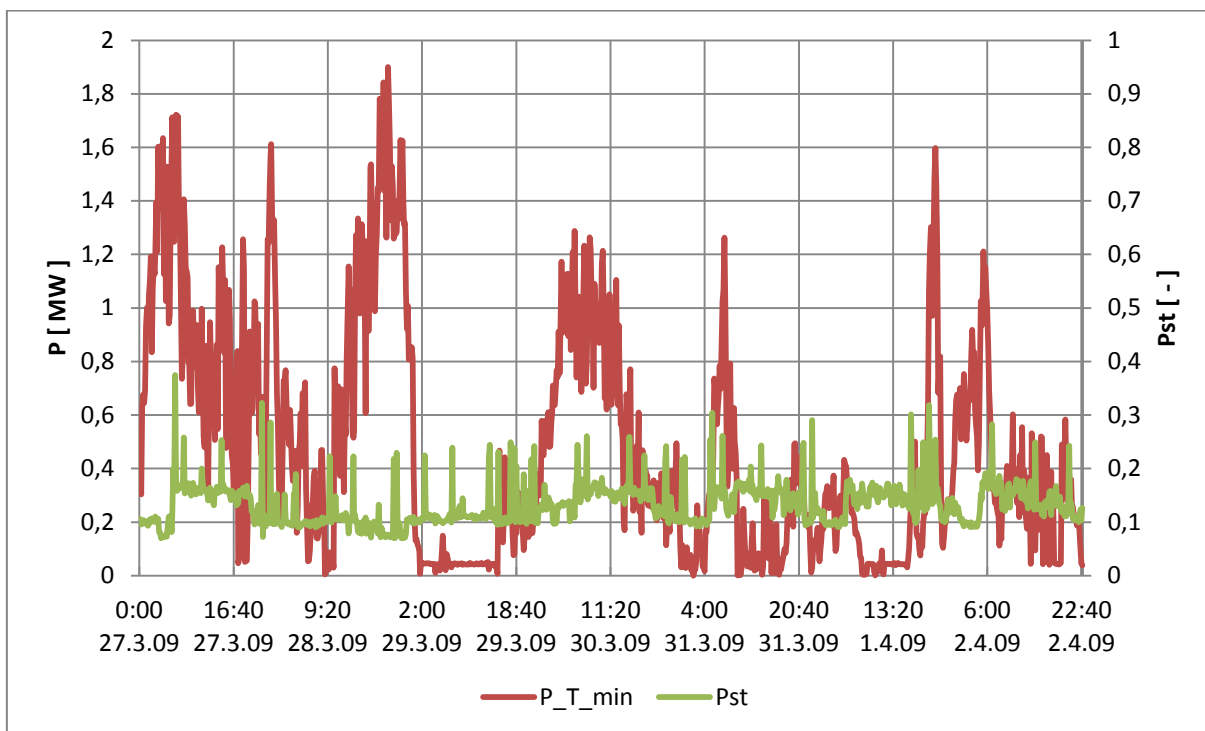
Z Tab. 19 lze vyčíst, že při vysokém výkonu se snižuje nesymetrie a naopak při nízkém výkonu se nesymetrie zvyšuje, což dokládá průměr, který je uveden v tabulce.

4.5.2. Lipná

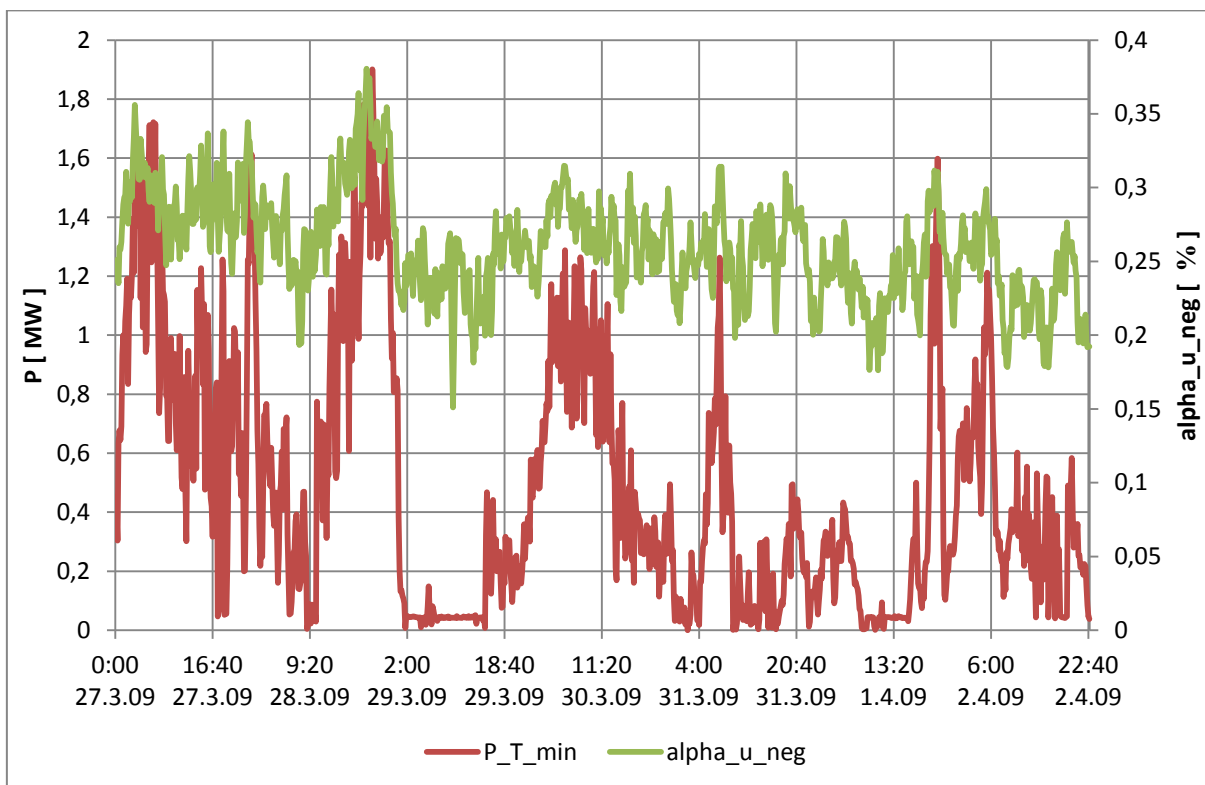
Nachází se v Oderských vrších, mezi městy Odra a Potštát, východně od obce Lipná. Větrná elektrárna je v provedení typu Vestas V 90/2 MW. Výška stožáru je 105 m. Elektrárna je připojena na stávající vedení 22 kV.



Obr. 40 Vliv napětí na výkon v čase – Lipná



Obr. 41 Vliv výkonu na flickr – Lipná



Obr. 42 Vliv výkonu na nesymetrii – Lipná

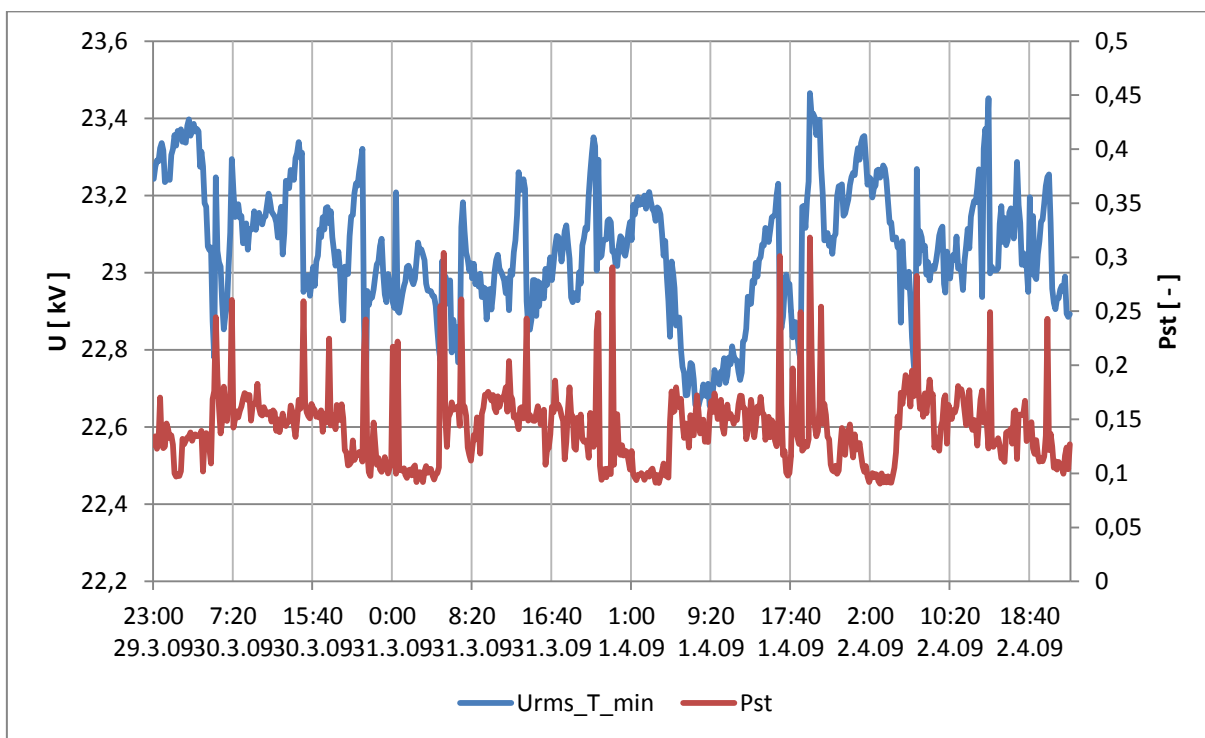
Z Obr. 40 je vidět, jak napětí částečně kopíruje výkon. V určitých místech je zřetelné, jak při poklesu výkonu poklesne i napětí, ale v určitých místech tomu tak není. Obr. 41 vypovídá o tom, jak špičky flikru kopírují špičky výkonu. Obr. 42 ukazuje, jak nesymetrie kolísá s průběhem výkonu a kopíruje ji.

Byly vybrány dva úseky. První úsek znázorňuje maximální hodnoty výkonu a druhý úsek znázorňuje nulové hodnoty výkonu. Výsledky je možno vidět v Tab. 20. Maximální úsek 28.3.2009 12:40 - 29.9.2009 0:20. Minimální úsek 29.3.2009 2:40 – 14:40.

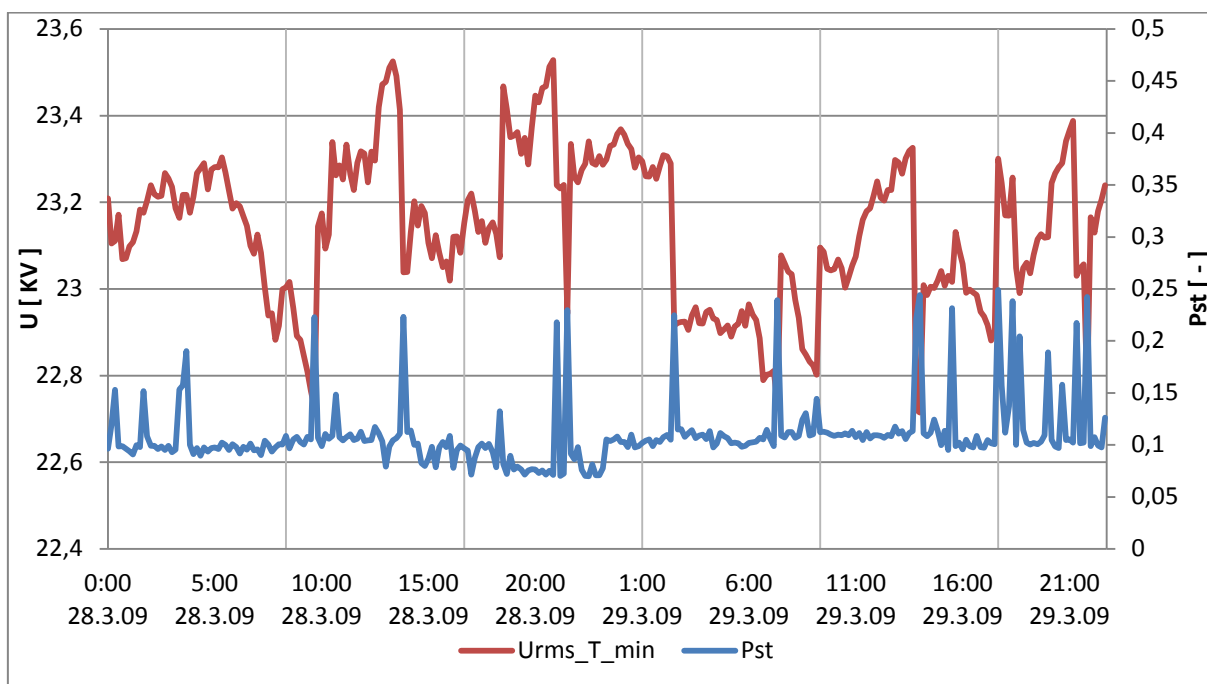
Tab. 20 Statistické údaje při maximálním a minimálním výkonu - Lipná

	Flikr při max. výkonu	Flikr při min. výkonu	Nesymetrie při max. výkonu	Nesymetrie při min. výkonu
Minimum	0,070	0,098	0,235	0,151
Maximum	0,230	0,244	0,381	0,273
Průměr	0,095	0,115	0,319	0,233
Směrodatná odchylka	0,030	0,026	0,029	0,023
Rozptyl	0,001	0,001	0,001	0,001
Medián	0,093	0,109	0,319	0,235

Z Tab. 20 lze vidět, jak hodnoty směrodatné odchylky, rozptylu i mediánu jsou velmi nízké. Při kolísání výkonu jsou odchylky kolísání flikru a nesymetrie minimální. Z toho plyne, že elektrárna nemá vliv na provoz sítě.



Obr. 43 Týdenní detail výkonu na flikr – Lipná



Obr. 44 Víkendový detail výkonu na flickr – Lipná

Obr. 43 a Obr. 44 naznačují týdenní a víkendové průběhy flickru na napětí. Z obou těchto obrázků je možno vidět, jak změna napětí ovlivňuje flickr.

4.6. Srovnání výsledků pro jednotlivé napěťové hladiny

Z Tab. 21 můžeme pozorovat, jak různé napěťové hladiny splňují a nesplňují normu ČSN EN 50 160 ed.3. Z této tabulky můžeme jasně vyčíst, že různé hladiny napětí neprokazují spojitost.

Tab. 21 Srovnání pro jednotlivé hladiny

Typ	Název	Napětí	Flickr	Nesymetrie
Bioplynová stanice	Horní Tošanovice	VN	Nesplňuje normu	Splňuje normu
	Třeština	VN	Splňuje normu	Splňuje normu
Fotovoltaická elektrárna	Radkovy	NN	Splňuje normu	Splňuje normu
	Strojnická Lhota	VN	Splňuje normu	Splňuje normu
Kogenerační jednotka	Jablunkov	NN	Nesplňuje normu	Splňuje normu
	Šenov u NJ	NN	Splňuje normu	Splňuje normu
Malá vodní elektrárna	Chotěbuz	NN	Nesplňuje normu	Splňuje normu
	Slezská Harta	VN	Splňuje normu	Splňuje normu
Větrná elektrárna	Horní Loděnice	VVN	Splňuje normu	Splňuje normu
	Lipna	VN	Splňuje normu	Splňuje normu

5. Závěr

V úvodu této diplomové práce bylo za úkol zpracování teoretické části v problematice kvality elektrické energie. V první kapitole je popsáno, jak se obchoduje s komoditou s názvem elektrická energie a jaké faktory rozhodují o ceně elektřiny na trhu. Je zmíněna liberalizace trhu a možnosti pro konečné odběratele a povinnosti pro dodavatele. Dále jsou popsány standardy kvality elektrické energie. V obecných standardech není výše kompenzace definována, ale lze očekávat, že po vzoru západních zemí Energetický regulační úřad bude tuto problematiku do budoucna řešit. Rovněž tato kapitola řeší napětí z DS podle normy ČSN EN 50 160 ed.3 a PPDS. U problematiky rušivých vlivů působících na parametry kvality napětí bylo poukázáno na možnosti, jak tyto záporné účinky minimalizovat nebo úplně odstranit. Na konci této kapitoly je teoretický základ ze statistiky.

Následující část diplomové práce je účelně zaměřena na měření parametrů kvality elektrické energie. Dále jsou uvedeny požadavky, intervaly, zkoušky a měřicí síťové analyzátory především od firmy BK – Elcom.

Z důvodu obav Evropské komise o úbytek fosilních paliv je vytvářen velký tlak na členské státy a to tak, aby do svých energetických plánů začlenily určité procento výroby elektrické energie z obnovitelných zdrojů. Z dostupných dat bylo použito pět nejvýznamnějších obnovitelných zdrojů. Z každého typu elektrárny byly vybrány dva příklady, které měly dva různé výkony.

U jednotlivých stanic je vždy na počátku řešena závislost výkonu na napětí, což znázorňují obrázky, ze kterých lze vidět, jak výkon ovlivňuje či neovlivňuje flikr a nesymetrii. Tyto závislosti jsou odlišné pro různé typy elektrárny. Pro porovnání byl ideální případ kogenerační jednotky Jablunkov. Z Obr. 25 můžeme pozorovat, jak napětí a výkon jsou na sobě závislé. Opačným případem byla bioplynová stanice Horní Tošanovice. Z Obr. 9, Obr. 10 a Obr. 11 nelze sledovat ovlivnění parametrů. Negativním důvodem je malý výkon elektrárny, kde zkratový výkon elektrárny je mnohonásobně vyšší.

Z výše uvedeného vyplývá, že nelze nastavit nebo vypracovat jednoduchý návod tak, aby vliv elektrárny na síť byl minimální. Z celkového hlediska je vždy důležité napětí, místo připojení a zejména zkratový výkon. Pro důkladnější rozbor této obtížné problematiky by bylo třeba více interních informací od provozovatelů sítě a od vlastníků daných elektráren.

U několika typů elektráren byla tvrzení podložena statistickými údaji. Nejdůležitějším ukazatelem byla funkce směrodatné odchylky, rozptylu a mediánu. Pro lepší přehlednost byla zvolena funkce minima, maxima a průměru. Byla snaha o korelační koeficient mezi dvěma množinami dat, což mělo dokázat, jak spolu množiny souvisí v určitém měřítku. Hodnoty množin poskytovaly napětí a výkon. Jelikož nebyla nalezena žádná podstatná souvislost mezi těmito množinami, tak tato skutečnost nebyla do této diplomové práce zahrnuta. Pro tyto účely je potřeba několik typově a výkonnostně stejných elektráren.

Seznam použité literatury

- [1] *Atlas zařízení využívajících obnovitelné zdroje energie v České republice*. [online]. 2008 [cit. 2012-04-05]. Dostupné z: <http://www.calla.cz/>
- [2] ČSN EN 50 160 ed.3. Charakteristiky napětí elektrické energie dodávané z veřejných distribučních sítí. Praha: Český normalizační institut, únor 2011.
- [3] ČSN EN 61000- 4-1 ed. 2. Elektromagnetická kompatibilita: Zkušební a měřicí technika - Přehled o souboru IEC 61000- 4. Praha: Český normalizační institut, listopad 2007.
- [4] ČSN EN 61000-4-15. Elektromagnetická kompatibilita: Zkušební měřicí technika - flickrmetr - specifikace funkce a dimenzování. Praha: Český normalizační institut, září 2011.
- [5] ČSN EN 61000-4-30 ed.2. Elektromagnetická kompatibilita: Zkušební a měřicí technika - Metody měření kvality energie. Praha: Český normalizační institut, září 2009.
- [6] ČSN EN 61000-4-7 ed. 2. Elektromagnetická kompatibilita: Zkušební a měřicí technika - všeobecná směrnice o měření a měřicích přístrojích harmonických a meziharmonických pro rozvodné sítě a zařízení připojovaná do nich. Praha: Český normalizační institut, červenec 2003.
- [7] Elcom, a.s. [online]. 2012 [cit. 2012-03-19]. Dostupné z: <http://www.elcom.cz/>
- [8] Elzaco s.r.o. [online]. 2007 [cit. 2012-04-04]. Dostupné z: <http://www.elzaco.cz/>
- [9] Energetický ústav České Budějovice [online]. 2008, 20. 7. 2009 [cit. 2012-03-19]. Dostupné z: www.egu.cz
- [10] GMC. Měřicí technika [online]. 2010, 21. 2. 2012 [cit. 2012-03-19]. Dostupné z: www.gmc.cz
- [11] HRADÍLEK, Zdeněk. Elektroenergetika distribučních a průmyslových zařízení. Ostrava: Montanex a.s., 2008. ISBN 978-80-7225-291-6.
- [12] CHEMIŠINEC, Igor, Miroslav MARVAN, Tomáš SÝKORA a Jiří TŮMA. Obchod s elektřinou [online]. Praha: PBtisk, 2010 [cit. 2012-03-19]. ISBN 978-80-254-6695-7. Dostupné z: www.ceps.cz
- [13] Kvalita na úrovni PS [online]. 2011 [cit. 2012-03-19]. Dostupné z: www.ceps.cz
- [14] Měď portál [online]. 2007 [cit. 2012-03-19]. Dostupné z: www.medportal.cz
- [15] Měřicí technika [online]. 2010, 21. 2. 2012 [cit. 2012-03-19].
- [16] *Větrná energie HL s.r.o.* [online]. 2009 [cit. 2012-04-04]. Dostupné z: <http://www.vehl.cz/>
- [17] SVOBODA, Pavel. Sledování vybraných parametrů kvality v různých napěťových hladinách DS. Ostrava, 2011. Diplomová práce. VŠB-TUO.
- [18] Zákon 458/2000 Sb. ze dne 28. listopadu. 2000. O podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů: Změna: 211/2011 Sb. (část), 420/2011 Sb. Praha, 2000.
- [19] Zákon 540/5005 Sb. Ze dne 15. prosince. 2005. O kvalitě dodávek elektřiny a souvisejících služeb v elektroenergetice: Změna: 41/2010 Sb. Praha, 2005.